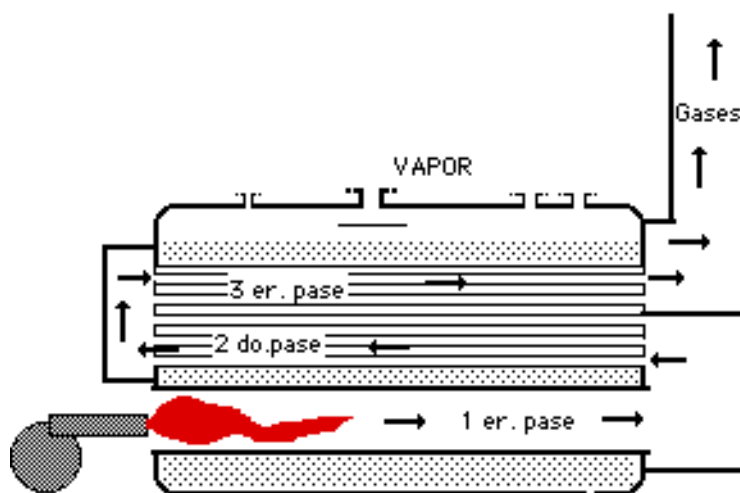
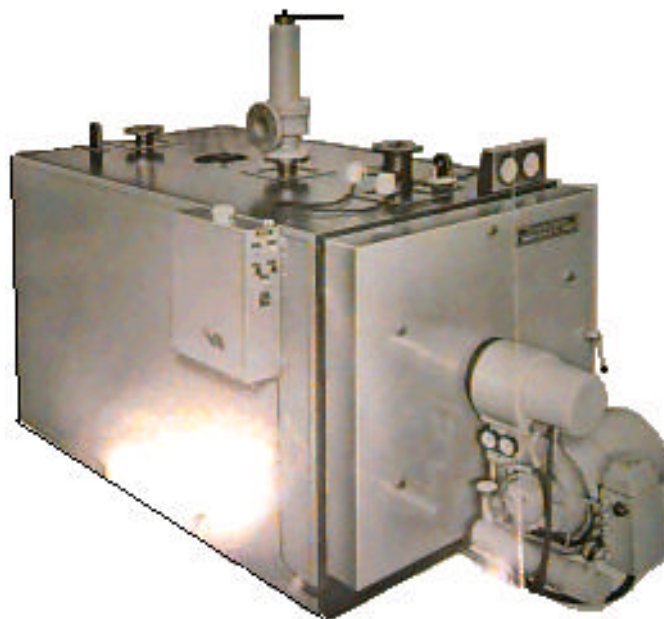




## **Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción**

**Carlos W. Thomasset**  
ASESOR TÉCNICO INDUSTRIAL  
MONTEVIDEO-URUGUAY

**Año 1998.....1 ra. Edición**



Este **Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción**, esta dirigido a aquellas personas que por su función tienen entre sus responsabilidades la atención de las calderas de calefacción de los edificios. No pretende resolver todas las situaciones que se presentan, sino de ayudar a dar una orientación a través del conocimiento de los sistemas y las acciones a tomar serán de responsabilidad de cada uno.

Aquellos que desean complementar alguna información sobre calderas a vapor, encontrarán de esta misma colección al “**Pequeño Manual del Foguista**” y al “ **Pequeño Manual de Preguntas y Respuestas para Foguistas**”.

## LA CALEFACCION

La función de la misma es la de **proveer calor** a los ambientes de un edificio, calentar agua de servicio, piscinas, etc., siendo el **calor** tomado de la **combustión de un elemento** capaz de reaccionar con el oxígeno del aire (**líquidos** : Kerosene, Gas Oil, Diesel Oil y Fuel Oil de Calefacción; **sólidos**: leña, carbón, etc. o **gaseosos** : gas de garrafas (licuados), o gas de cañería (gas natural o manufacturado en una planta).

A esto debemos agregar las calderas eléctricas de calefacción, que transmiten su calor generalmente directamente sobre los ambientes o en casos especiales igual que un sistema tradicional.

La producción de calor de la combustión de un derivado del petróleo o combustible celulósico (leña, cáscaras, etc.), es la unión del carbono y el hidrógeno con el oxígeno del aire, produciendo calor y los gases resultantes de esta unión : anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) y agua (H<sub>2</sub>O) que se va como vapor de agua por la chimenea.

Este **calor generado** lo sentimos de varias maneras, ya que se transmite de 3 diferentes maneras: la primera por **conducción**, que es cuando se transmite en una barra de hierro que si calentamos un extremo, el calor llega al otro extremo-como ocurre con el mango de un sartén; la segunda es la que se transmite **por radiación**, como se transmite la luz, esta forma la notamos en las estufas de cuarzo que sentimos el calor desde lejos o los rayos del sol; **la tercera forma de transmisión** es la que se produce al calentar los líquidos y los gases, hay partes que ascienden al calentarse, bajando las más frías, mezclandose la parte caliente con la fría, esto lo notamos cuando entramos al bañarnos en un río que en que el agua de la parte superior está más caliente o cuando en una habitación subimos con una escalera y sentimos que el aire caliente está contra el techo, es decir que el aire más caliente es más liviano y sube. Esta última forma de transmitirse el calor se llama **convección**.

**El problema a resolver en un sistema de calefacción es lograr**

**llevar el calor del lugar en donde se produce al lugar en donde se usará,** y “transmitirlo” al medio deseado (generalmente al aire ambiente o al agua para uso de agua caliente, baños o piscinas).

La **cantidad de calor** no necesariamente se mide solo por la temperatura, ya que la **temperatura lo que mide es la fuerza del calor, dependiendo la cantidad de calor del material en que está “depositado” dicho calor.**

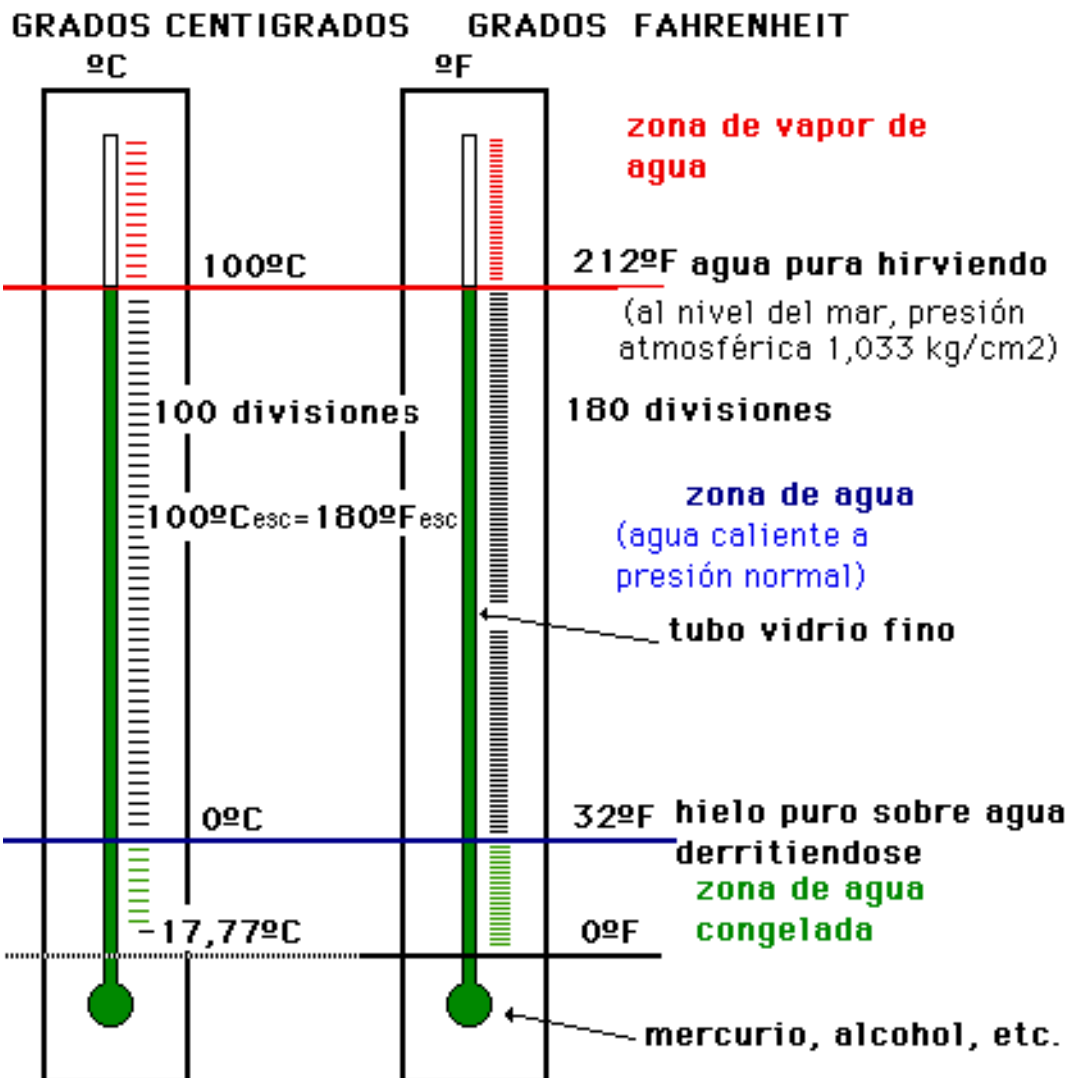
El agua es el elemento con mayor capacidad de acumular calor, su capacidad es casi 10 veces mayor que la que tiene el hierro, de manera que si utilizamos una “bolsa de agua caliente” para los pies, es mejor hacerla con un recipiente de agua que llevarse un “yunque” caliente a la cama.

**La cantidad de calor se mide en nuestro “lenguaje” en calorías o Kilo-calorías** (1000 calorías) y la caloría es la cantidad de calor que acumula un gramo de agua al aumentar su temperatura 1 ° C (un grado centígrado a determinada temperatura, de 14,5°C a 15,5°C), siendo la Kilo-caloría la de la calentar 1 Kg. de agua 1°C. Otra forma de medir es el **B.T.U.** (unidad inglesa) y es la equivalente a calentar una libra 1°F (un grado Fahrenheit).

**¿Pero qué es un grado centígrado : 1°C ?** . Es una medida del grado o fuerza del calor, que equivale a la **centésima** ( o sea dividido 100) parte de la variación por la **dilatación de una columna de un líquido** (mercurio, alcohol, etc.) cuyo recipiente de acumulación inferior del líquido se somete entre dos temperaturas: del hielo de agua pura derritiéndose (0°C) y la del agua pura hirviendo (100°C) en un recipiente abierto a nivel del mar (a presión atmosférica estándar), dando el valor de 0°C al hielo derritiéndose y el valor de 100°C al valor del agua hirviendo en el recipiente destapado. La variación entre estos dos valores divide en 100 partes hace que cada parte sea igual a 1°C (un grado centígrado). También la temperatura se mide en el sistema inglés en grados Fahrenheit, siendo que la división de la columna será de 212 partes y que el 0°C será igual a 32°F y los 100°C serán indicados por 212°F. Esto permite establecer una relación para el cálculo de un

sistema de unidad al otro, véase las tablas finales. Ver la figura siguiente.

**La temperatura se mide con los termómetros.**

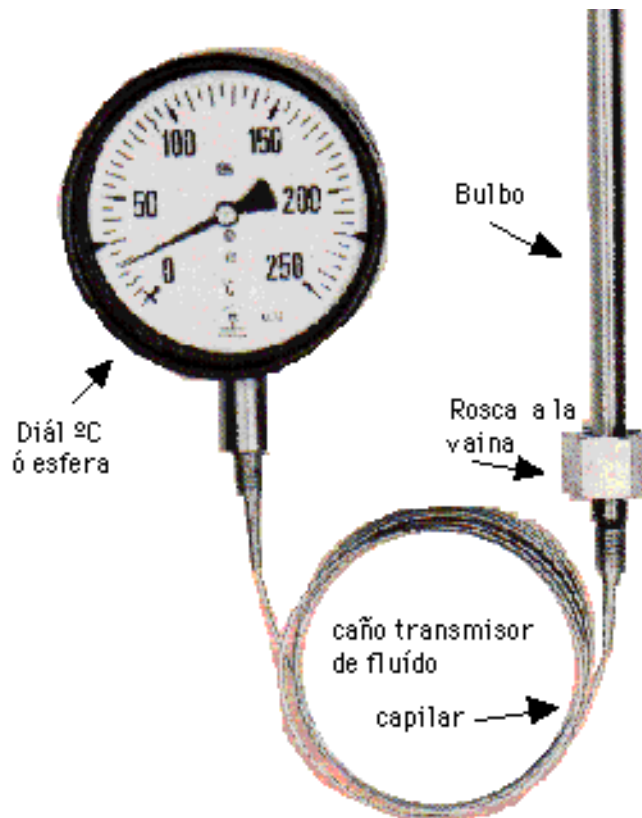


Bien, vemos que la cantidad de calor es una cosa y la fuerza del calor es otra (la temperatura se puede comparar: en la electricidad como el voltaje o en el agua como la presión . El calor se asemeja en la electricidad al amperaje o en el agua a el caudal).

**El calor siempre se transmite del elemento más caliente (con más temperatura) al cuerpo más frío (con menos temperatura).**

### Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

En la calefacción de edificios, sea por radiadores, loza radiante o calentadores de aire centrales o en baterías, la temperatura del aire a calentar está en el entorno de los 20°C a 22°C, por lo que el fluido que transporta **el calor no deberá estar necesariamente a más de 90°C**, ya que el salto (delta T o diferencial de temperatura) de temperatura es de más de 70°C, este salto o diferencia es la fuerza que “empuja” el calor del cuerpo más caliente al más frío. Es evidente cuanto más alta sea esta diferencia, mayor será la posibilidad de transferir energía calórica, lo cual permite que los equipos se puedan hacer más pequeños (con menos superficie de transferencia), **pero si calentamos en el caso del agua a más de 100°C, la presión de la misma subirá por encima de la presión atmosférica con la formación de vapor de agua** (por esta razón a veces se utilizan aceites térmicos en que la temperatura podrá ser más de 100°C y los mismos no vaporizarán).



**TERMOMETRO INDICADOR DE DIAL CON BULBO**

### ¿Que es el agua?

El agua es un elemento cuya **molécula** esta compuesta por **3 átomos** (su **molécula** o sea la mínima cantidad de una sustancia que puede estar “suelta” o “libre, sin perder su identidad, y siendo el **átomo** la mínima partícula en que se puede dividir un elemento definido sin que pierda su identidad, pero no estará “libre”, siempre estará asociado a otros o iguales átomos para formar moléculas), por lo que **el agua** está formada por **dos átomos de hidrógeno** (H) y **un átomo de oxígeno** (O), por eso la formula molecular del agua se dice **H<sup>2</sup> O** (H dos O). El agua puede estar en sus 3 estados, **según sea su temperatura y presión.**

A **presión atmosférica** podrá estar como **hielo a 0°C o por debajo de 0°C** ; como **líquido entre 0°C y 100°C**, pasando al **estado de vapor cuanto su temperatura pasa a 100°C o sea cuando el agua “hierva” en el fuego de nuestra casa** (puede estar en estado de vapor a menos de 100°C de temperatura, como es el caso de la humedad del aire, pero su presión será menor que la atmosférica. La presión “atmosférica” está compuesta por la presión parcial del aire y la presión parcial del vapor de agua).

La gran particularidad de estos cambios de estado, es que para pasar de un estado a otro se necesita o se le quita energía (calor), por ejemplo: para congelar un litro (1Kg) de agua se necesitan “extraer con frío” a 80 Kilo-calorías, estando el agua a 0°C y luego el hielo a 0°C. Por eso el hielo después nos sirve para enfriar las cosas, pues al “derretirse” vuelve a “tomar” esas 80 Kcal. quedando el agua a 0°C. A este intercambio de calor para pasar de un estado a otro se le llama **calor latente** de fusión o congelación (**latente** : como algo que está escondido, ya que el hielo y el agua helada están ambos a 0°C). En el caso del agua transformándose en vapor, 1 litro (1 Kg) de agua a la presión atmosférica necesitan ser introducidas aprox. 540 Kcal. cuando el agua ya esté en 100°C, se producirá un vapor que acumulará más calor, pero su temperatura seguirá siendo 100°C (salvo que cambiemos la presión del vapor en contacto con el agua, este calor lo ha utilizado

el agua para formar el vapor, ocupando más volumen, como si fuera un gas). A este calor se le llama **calor latente de vaporización**. Y cuando uso 1 kg. de vapor a 100°C y a la presión atmosférica (1,033 kg/cm<sup>2</sup>), dispongo de 540 Kcal. para “sacarle” al vapor y el agua que se condensa estará todavía a 100 °C (por ejemplo: puedo ceder calor a una marmita u olla a presión sin perder temperatura y lograr su cocción). Esto significa que la utilización del agua en forma de vapor tiene sus ventajas respecto a los procesos de intercambio de calor (especialmente en fábricas donde se necesitan temperaturas constantes y algo elevadas , una gran cantidad de calor y poca superficie de intercambio), pero veamos que pasa con el uso del agua en la calefacción de edificios. Los calores latentes varían de acuerdo a los distintos fluidos. Ver tablas de vapor al final.

**Siendo el agua uno de los elementos con más capacidad de acumular calor** (más calor por cada grado centígrado de temperatura en igual peso de materia, a esta cantidad de calor que varía con la temperatura lo llamaremos **calor sensible**, por que es un calor que se “siente” como más caliente o más frío según sea la cantidad de calor que acumule el agua a través de su temperatura, algo que podemos “sentir” al tocar con nuestras manos : más caliente más calor, menos caliente más fría). Será el elemento ideal para transportar calor entre dos lugares, además de muy fácil manipulación (ya que se puede mandar por una cañería, por medio del efecto térmico o con bombas), **pudiéndose lograr la temperatura final con mucha precisión, ya que para regularla simplemente habrá que regular el caudal de agua que circula.**

El agua tiene algunos inconvenientes cuando la usamos en los sistemas de calefacción, como ser: que si la calentamos a más de 100°C se transforma en vapor si la presión es la atmosférica (es decir, si el recipiente está abierto), pudiéndose calentar a mayor temperatura si la presurizamos (calentamos en un recipiente cerrado pero que tenga un medio de controlar la presión). Además es corrosiva (ataca a los recipientes y cañerías, produciendo estas corrosiones por distintas

causas : oxígeno en el agua, corrientes galvánicas, etc.).

Por lo general cuando se desea calentar a más de 100°C, se puede usar agua presurizada o vapor, pero en muchos casos los aceites térmicos operan con ventajas (ya que generalmente no levantan presión y producen poca corrosión), pero tienen el inconveniente que su capacidad de acumular calor es la mitad de la del agua (siendo la capacidad de acumulación o calor específico, calor que se acumula al variar 1°C a 1 Kg de la sustancia, la del agua 1 Kilocaloría por kilo y la del aceite aprox. 0,5 kcal. por Kg.), tampoco son buenos transmisores del calor.

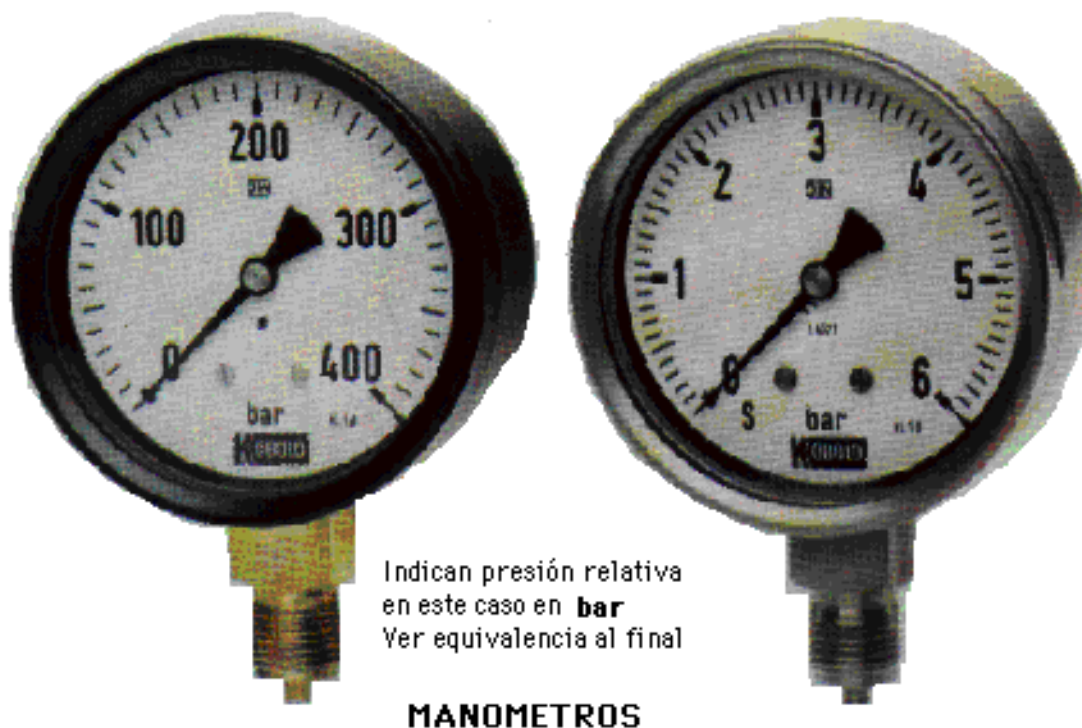
**En nuestro caso hablaremos de los sistemas de calefacción con el transporte del calor a base de agua y de baja presión .**

**Pero dejemos en claro que es presión :** la presión es la fuerza por unidad de superficie que se produce en un recipiente con un gas o un líquido (que son “empujados” en el interior del mismo) y se **cuantifica** diciendo la **unidad de peso** utilizada y la **superficie** en la cual actúa (en los líquidos y en los gases, la presión se transmite en todos los sentidos, imagínese un globo que le damos aire, la presión tiende a dejar el globo redondo si la forma lo permite), aunque en el caso de los líquidos el propio peso del agua produce presión en las partes más bajas de los recipientes (un caño en vertical de 10 metros de altura, cualquiera sea su diámetro, lleno de agua los 10 metros, tiene en su base una presión de agua correspondiente a 1 kilogramo por centímetro cuadrado).

**O sea cuando decimos que la presión de agua de la canilla es de 2 Kilos por centímetro cuadrado (2 Kg/cm<sup>2</sup>) , estamos diciendo que por cada centímetro cuadrado del caño en su interior hay una fuerza de 2 kilos.**

Hay otras formas de medir la presión, usando otras unidades, por ejemplo: en el caso anterior podemos decir que la presión de 2 kg/cm<sup>2</sup> es igual que decir 20 metros de columna de agua (la presión o peso del agua en su base de un caño vertical lleno de agua de 20 metros de largo). También podemos utilizar la **atmósfera**, la presión atmosférica

es igual a casi 1 kg/cm<sup>2</sup> ( en realidad al nivel del mar es aprox. igual a 1,033 Kg/cm<sup>2</sup>) podemos por lo tanto decir que la presión de 2 kg/cm<sup>2</sup> es casi igual a dos atmósferas. En el sistema inglés se habla de libras por pulgada cuadrada (la libra es igual a 0,454 kilos, y la pulgada es igual a 2,54 centímetro, esto hace que si hacemos los cálculos nos dará que 1 kg/cm<sup>2</sup> será igual 14,2 libras por pulgada cuadrada - 1 kg/cm<sup>2</sup>= 14,2 lb/#).



**La presión se mide con un instrumento llamado manómetro.**

Debemos de tener cuidado con los manómetros con respecto a las unidades en que están indicando, ya que el valor numérico de la presión depende de dichas unidades y de que si son manómetros que indican la **presión relativa** (manométricas) o **absoluta**. La **presión relativa** es la indicada por aquellos manómetros (la mayoría) que si conectamos su conexión a la atmósfera indican **0** (cero). Los **manómetros** que indican la **presión absoluta** cuando los conectamos a la atmósfera, estos indican la presión de la atmósfera (en Kg/cm<sup>2</sup> indicará 1,033 al nivel del mar) y si queremos que indique 0 (cero)

habría que sacar todo el aire de su interior (hacer un vacío perfecto). Los **mano-vacuómetros** son los que indican de **0** hacia valores positivos la presión y de **0** hacia valores negativos el vacío, conectados a la atmósfera su conexión indicarán **0** de presión.

Esto lo aclaramos, porque las calderas de calefacción son recipientes que soportan la presión en su interior, esta presión es la formada por la **“altura del agua”** sobre las calderas (con tanques de expansión abiertos) o **la presión desarrollada en forma artificial** (con **balones presurizados de expansión**) o la presión desarrollada por accidente debido a que el agua ha subido su temperatura a más de 100°C ( a partir de 100°C sube la presión del agua y formará vapor de agua si se “rompe” el equilibrio de temperatura y presión, es decir que si la presión es menor que la correspondiente a la de saturación, si la presión es mayor a la de saturación no se producirá el estado de vapor, ver tablas de vapor al final). **Si la temperatura sube, la presión también subirá si no se establece un límite** (alivio), **si esta no se “alivia” puede llegar a producir la explosión del recipiente o caldera**. Cada caldera solo podrá soportar una presión máxima, de acuerdo al cálculo de diseño (el espesor del metal, la forma, las soldaduras, etc.). Para evitar esto, los sistemas de calefacción tendrán un “alivio” por el tanque de expansión o venteo al mismo tanque o de lo contrario una válvula de “alivio” para que limite la presión máxima del sistema.

### ¿Como funciona un sistema de calefacción?

Un sistema de calefacción consiste en la fuente de **producción de calor** (la **caldera** ) y un **elemento transmisor del calor** producido al medio en donde es utilizado (aire caliente, piscinas , agua caliente, loza radiante, etc) , **el calor es llevado por medio del agua** ( o aceites) la cual es calentada en la caldera y luego es enfriada al calentar a los medios deseados.

**Podemos hacer varias divisiones de los sistemas y clasificarlos de distinta manera:**

**Por la forma en que circula el agua en el sistema: a- circulación natural, b- circulación forzada.**

**a-Circulación natural :** se basa en que el agua al calentarla se pone más “liviana” (su densidad es menor), el agua caliente tiende a subir y el agua fría tiende a bajar (mayor densidad). Si todos los intercambiadores de calor (radiadores de calefacción , tubos de las lozas radiantes, tanques de agua caliente, serpentinas, etc.) se encuentran a más altura (mayor nivel) que la caldera, el agua que se calienta en la caldera subirá hasta éstos, entregará su calor al aire (o agua) más frío y al hacerse el agua más pesada por enfriarse, tenderá a volver a la caldera que se encuentra más abajo. En estos sistemas (generalmente antiguos) las cañerías son de gran diámetro para permitir la circulación del agua sin “frenar” la misma, ya que la fuerza que la obliga a circular será de acuerdo a la diferencia de altura y de temperatura (que comparada con una bomba no es mucha).

**En este sistema siempre el agua entrará o retornará a la caldera por su parte inferior y saldrá por su parte superior, en los intercambiadores será a la inversa, entrará por la parte superior y saldrá o bajará por la parte inferior** (el aire que haya en el sistema se sacará por la parte superior de los intercambiadores). En estos sistemas la diferencia de temperatura entre el agua que se calienta en la caldera y el agua que retorna a la caldera es de un valor considerable, dependiendo del sistema (fundamentalmente del diámetro de las cañerías y de las diferencias de alturas, cuanto mayor sea el diámetro de las cañerías o la diferencia de altura, mayor será la circulación y menor esta diferencia de temperatura entre en agua fría y la caliente).

**b-sistemas de calefacción de circulación forzada :** se basa en forzar la circulación del agua con una bomba de caudal y presión adecuados, de manera de no depender de la circulación natural (pudiendo la misma estar presente en el sistema). La gran ventaja de este sistema es la de poder mandar el agua por cañerías de menor diámetro, de poder calentar en intercambiadores que se encuentren por

debajo del nivel de la caldera, de aprovechar mejor los intercambiadores, ya que estos se calientan casi “parejo” desde la entrada del agua hasta su salida, cayendo unos pocos grados centígrados, lo cual favorece el aprovechamiento de los mismos. Este sistema tiene el inconveniente que los sistemas de seguridad para evitar un sobrecalentamiento de la caldera (que produzca vapor y levante presión, o hasta llegue a “quemarse” la caldera por quedarse sin agua) dependen del **“enclavamiento”** del quemador con la circulación del agua, es decir, que debe haber un sistema de protección que apague el quemador si no hay circulación del agua (generalmente los contactores eléctricos de las bombas de circulación apagan el quemador si estas no funcionan, lógicamente también está el control de alta temperatura que deberá actuar y apagar el quemador).

En este sistema la circulación del agua en la caldera es desde la parte inferior a la superior (para acompañar la circulación interna de la caldera y además extraer el aire de su interior), en los intercambiadores podemos hacer la circulación en forma del sistema de circulación natural (sifón térmico) o en algunos casos es conveniente la circulación desde la parte inferior hacia arriba si la circulación del agua es muy intensa y puede haber presencia de aire que se debe extraer por la parte superior (ya que el aire tiende a subir).

**En cualquiera de los dos sistemas, deben ser compensadas la presión y el volumen del agua que se dilata (aumenta su volumen) cuando calienta y vuelve a tomar agua (el volumen de agua disminuye al enfriarse) cuando se apaga la caldera.**

Debido a que las calderas, los intercambiadores y cañerías se construyen para una determinada presión máxima de trabajo, **la presión que deben soportar deberá estar bajo control**. Generalmente las calderas están en la parte inferior de los edificios y son las que soportan la mayor presión, pero como la presión cuando la temperatura máxima de la caldera no pasa de 100°C es la equivalente a la altura del sistema (generalmente el tanque de compensación de dilatación y reposición de agua se encuentra en las azoteas, aunque

hay sistemas que esta presión es artificial y se regula por medio de un tanque presurizado con nitrógeno si el agua está en contacto directo con el gas o erróneamente con aire).

Es bueno que la caldera esté presurizada, ya que las superficies de intercambio están sometidas del lado de la combustión a altas temperaturas, lo que puede provocar vaporizaciones locales que permitan que el metal se recaliente, provocando su fatiga, corrosión o fisura.

Como las calderas se fabrican para una presión máxima, en los edificios de muchos pisos, podrá haber un sistema de calefacción cada tantos pisos o la caldera instalada en su parte superior, dejando que los intercambiadores y caños soporten la mayor presión.

Como el agua fría al calentarla se dilata más que el recipiente en que se calienta, debemos pensar que si el sistema de calefacción no tiene un recipiente que reciba dicho mayor volumen del agua al calentarse, el sistema levantaría presión o si tuviera una válvula de “alivio” perdería el agua cada vez que se prende la calefacción, **se hace necesario instalar un tanque de “compensación” y de reposición del agua que se pueda perder** (si hay pérdidas en el sistema, cosa no conveniente). Dicho tanque, llamado **tanque de “expansión”**, como dijimos, estará en la parte más alta del sistema (para mantener presurizado al mismo) y será un tanque que tendrá una “boyas de alimentación de agua” de compensación por la mitad del mismo, para permitir que el agua de la dilatación producida no se vuelque (que haya en el tanque como un 5% de capacidad del sistema libre para poder albergar el agua en el retroceso del sistema) y su conexión al sistema será por la parte de abajo (unos 100 mm. del fondo para no tomar los “barros” al volver el agua al sistema al enfriar el mismo), será una cañería que se conectará al sistema en el lugar adecuado, generalmente a la succión de la bomba en los sistemas forzados y su diámetro será de buen porte, sin válvulas que se puedan cerrar, sin codos que se puedan tapar, ya que este caño será la “válvula de alivio”, en caso que la caldera levante presión por cualquier circunstancia. Este caño se

puede incrustar o tapar con “sarro” de la corrosión del sistema, es un elemento fundamental a controlar para la seguridad de que no haya un accidente grave en la caldera (si se tapa el caño de compensación, la caldera no podrá aliviar su presión si no tiene otro sistema de alivio, como ser una válvula de alivio, o una cañería de venteo al mismo tanque de expansión).

Este caño de compensación tiende a “taparse” con incrustaciones debido a que el agua que se repone (porque se pierde en el sistema por fallas del mismo o porque el tanque de expansión no fue calculado adecuadamente y pierde agua al calentar el sistema por desborde al dilatar el agua cada vez que la caldera calienta el sistema cuando está frío) es **agua “dura”** (es decir que tiene sales de calcio y magnesio, especialmente “dureza temporaria” , bicarbonatos que al entrar en contacto con el agua caliente se precipitan como carbonatos (sal no “soluble”, como el mármol), tapando el caño y pudiendo producir un grave accidente (la caldera levanta presión por dilatación del agua o por falla del control de temperatura en el cual el quemador no apaga). Si se usara agua blanda, se debe hacer un tratamiento anti-corrosivo, ya que el agua blanda de por sí es más corrosiva por lo general que el agua dura (los tratamientos podrán ser a base de polifosfatos, silicatos, nitratos, etc. debiéndose controlar el mismo adecuadamente según sea).

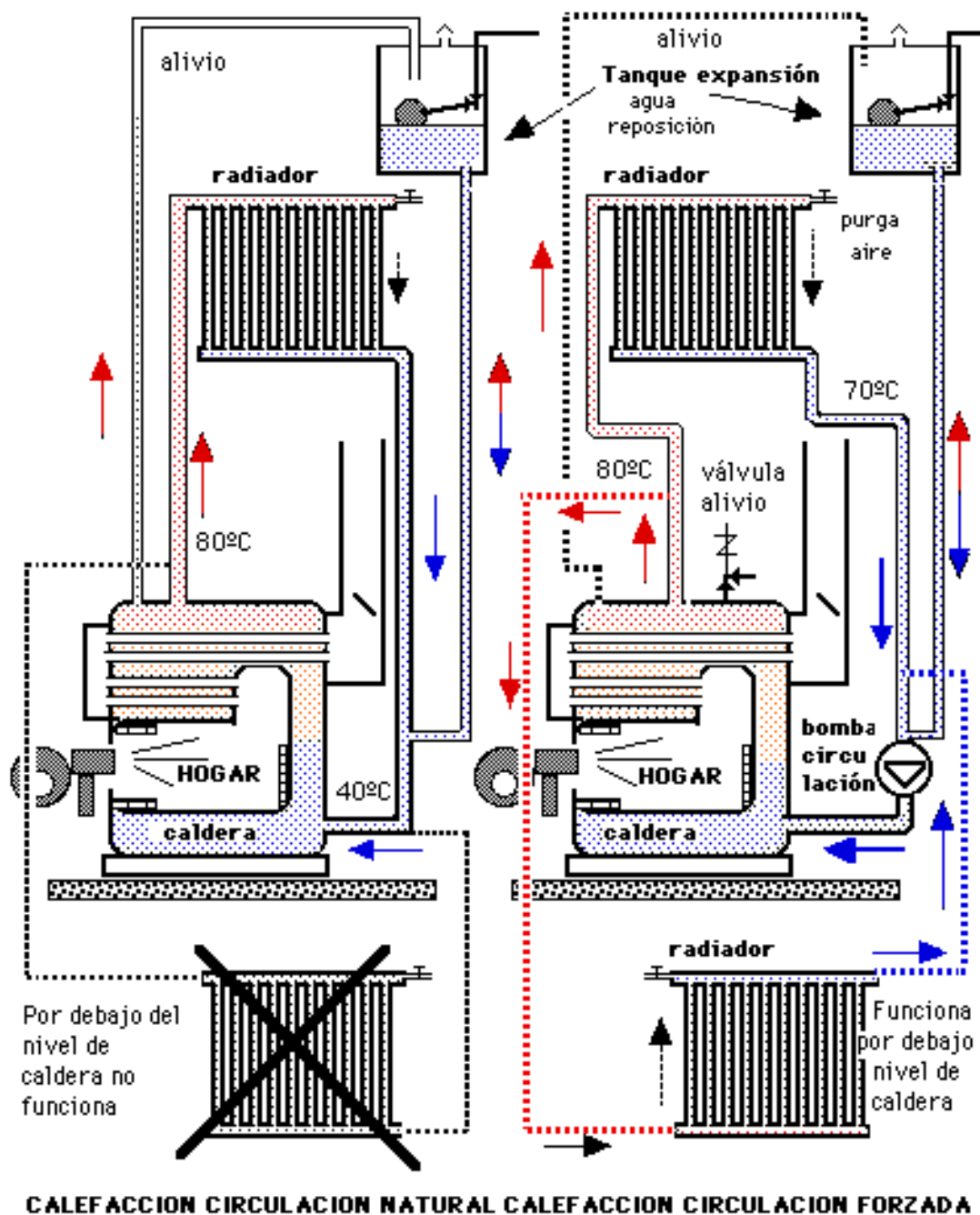
En las calderas de circulación natural este tanque de compensación (expansión) podrá estar conectado en la parte superior del sistema (sirviendo en algunos casos para extraer el aire en forma natural que se pueda introducir en la caldera) o conectado a la caldera en su parte inferior, habiendo una cañería de extracción del aire y de seguridad en la parte superior de la caldera, con descarga en la parte superior del tanque de expansión (siempre se debe de pensar que si la caldera “forma vapor”, la presión que genera la misma es conveniente que no desplace al agua de su interior, buscando que el vapor se “desahogue” por la parte superior, como si fuera aire, de manera de no dejar la caldera sin agua, ya que esta situación podrá afectar la caldera, se

recalienta el metal).

En las calderas de circulación forzada, para que la caldera esté siempre presurizada con agua, por lo general es conveniente que la bomba de circulación “empuje” el agua de retorno hacia la caldera, de manera que ésta no se vaciará fácilmente y tendrá buena presión para evitar que se formen zonas de vaporización que permitan recalentar el metal.

Hoy están de “moda” los tanques de expansión presurizados, es decir que son tanques cerrados, que mantienen un nivel de agua hasta cierta altura del mismo y en la parte superior hay un “colchón” de un gas (preferiblemente nitrógeno que es inerte y no aire que es corrosivo por el oxígeno que contiene, salvo que sean tanques con “membranas”) de manera que el sistema siempre tiene una determinada presión “elástica” y permite absorber las variaciones de volumen (recuerde que esta variación puede ser de hasta un 5% del volumen del agua del sistema).

Cualquiera que sea el sistema adoptado, es de suma importancia que los materiales sean adecuados y compatibles (especialmente evitar la unión del hierro o el aluminio con el cobre o bronce, o acero inoxidable, ya que si el agua no es tratada, habrá una acelerada corrosión por corrientes galvánicas). En el caso que se unan estos diferentes materiales, se deben de buscar soluciones para disminuir estos pares galvánicos en base a la separación eléctrica de dichos elementos (mangones no conductores, platinas aisladas, etc.), la instalación de elementos de sacrificio (electrodos de magnesio, electrodos con potencial eléctrico artificial, etc.) o la inyección de productos químicos que disminuyan los efectos de corrosión (tratamientos químicos del agua de circulación).



Estos sistemas con tanques de expansión presurizados deben irremediablemente llevar válvulas de alivio (ya que el circuito está cerrado y si hay un exceso de presión puedan descargar la misma, evitando el peligro de una explosión de caldera u otro elemento) y sería conveniente disponer un control de nivel de agua que apague el quemador por falta de agua en la caldera. No confundir válvulas de alivio con válvulas de seguridad para calderas, ambas trabajan en forma diferente, la válvula de alivio solo perderá el exceso de agua para aliviar la presión, pero si se instala una válvula de seguridad para calderas de vapor, se corre el riesgo de perder mucha agua del sistema, ya que la misma no cerrará hasta llegar a la presión diferencial de cierre (que es bastante inferior a la de apertura), perder agua en los sistemas de calefacción no es conveniente (el agua que se repone introduce oxígeno, que es corrosivo y agua dura, que produce incrustaciones y barros).

Por ser la caldera el lugar más comprometido térmicamente (del lado del fuego hay una temperatura de más de 1000°C), la misma nunca deberá funcionar con falta total o parcial de agua. De la misma manera, como la temperatura del agua se acerca a la temperatura de ebullición (debido que el metal recibe el calor de la llama de un lado y del otro lado el agua lo debe enfriar, pero como el agua ya tiene una cierta temperatura que se regula para el sistema, la misma estará muy próxima a la temperatura de ebullición), el agua formará burbujas de vapor que dificultan el enfriamiento del metal de la caldera, lo cual puede llegar a recalentar el metal por exceso de “burbujas de vapor”, provocando fisuras, aflojamientos de tubos en las placas, etc). La circulación del agua en el interior de la caldera es de primordial importancia, si es **circulación natural** siempre deberá estar el circuito bien lleno de agua y todos los intercambiadores con su válvulas abiertas : **de lo contrario el agua no circula** (a veces se instala un circuito de gran diámetro, que une la parte baja de la caldera con la salida de agua caliente, para que se establezca una circulación en la caldera apenas ésta entre a funcionar).

Si es **circulación forzada**, además de estar el circuito lleno de agua y los intercambiadores abiertos, deberán estar las bombas de circulación prendidas, por esta razón los contactores eléctricos de las bombas deberán estar “enclavados” eléctricamente con el quemador y no permitir que el mismo prenda si las bombas no están prendidas primero y si éstas se apagan por cualquier razón, el quemador se apague. Aunque esto no significa que las bombas estén haciendo circular el agua, para los circuitos más comprometidos se puede instalar un sensor de circulación del agua que apague el quemador en caso que la circulación del agua (especialmente si es aceite) no esté ocurriendo (en el caso del aceite es imprescindible este sensor).

Cuando se diseñan los circuitos de calefacción, se establece una relación entre el calor producido en el quemador, el que absorbe la caldera (hay una parte que es pérdida por los gases de chimenea que salen “calientes”) y el calor capaz de ser consumido en los intercambiadores.

Si el calor producido por el quemador es mayor que el que puede “absorber” (intercambiar) la caldera, la misma esta expuesta a posibles movimientos del metal por exceso de temperatura, esto generalmente se puede “chequear” midiendo la temperatura de los gases de chimenea con la caldera limpia de hollín, ya que cada caldera tiene un máximo de temperatura para su funcionamiento correcto (aprox. 100°C por encima de la temperatura del agua como máximo).

Si el calor “absorbido” por la caldera es mayor que el calor que los intercambiadores pueden disipar, la caldera deberá apagar o reducir su grado de combustión (modular), el sistema de control de temperatura (acuostato, elemento igual a un termostato pero que controla la temperatura del agua para prender el quemador y apagarlo al llegar a la temperatura máxima) deberá ser de muy buena respuesta, ya que si la caldera sigue prendida, la misma levantará presión de vapor, corriéndose el riesgo de un accidente, lo que para evitarlo es recomendable instalar un segundo acuastato (termostato) de máxima con “reset” (es decir que si falla el primer acuastato, el segundo actúa y

no se vuelve a prender hasta que el operador manualmente lo habilita, de manera de avisar que el primer acuostato funciona mal, lo que es muy peligroso si esto sucede y no se conoce el problema por el operador).

**Si resumimos, ya tenemos 3 causas de situación de peligro en el sistema :1- que los circuitos de agua no estén bien llenos; 2- que la cañería del tanque de compensación esté tapada 3- que las bombas de circulación forzada permitan que el quemador funcione sin haber sido estas prendidas** (enclavamiento eléctrico o eléctrico-mecánico).

De esto podemos deducir que sería importante que los sistemas estén adecuadamente diseñados, pero que a su vez tengan dispositivos que eviten que las calderas se llenen de vapor desalojando el agua, que haya más de un sistema de alivio de la presión (además de la conexión del tanque de expansión, que si no tiene una segunda conexión de alivio y de desahogo para el aire y el vapor, tenga una **válvula de alivio** de tamaño adecuado en la parte superior de la caldera), que exista un elemento que me asegure que el sistema o la caldera esta llena con agua (un control de nivel de agua que habilita al quemador siempre que la caldera esté totalmente llena de agua).

### **El agua y el sistema de calefacción**

Siendo el sistema de calefacción construido con metales (a veces diferentes tipos), están sometidos a los efectos que provoca el agua de llenado y reposición : incrustaciones, barros y corrosiones.

Como dijimos, las incrustaciones tienden a formarse en las zonas que el agua fría de reposición (agua dura) entra en contacto con el calor, los lugares factibles de incrustarse, son fundamentalmente las cañerías de los tanques de compensación (que también son de alivio), lo cual lo hace muy peligroso. También se incrusta la caldera, pero más que nada se llena de barros de la precipitación de la dureza temporaria (ya que no hay evaporación del agua, la misma no se concentra y si se pierde se lleva las sales disueltas, por lo que no hay incrustación por

dureza permanente).

**La incrustación del caño de conexión del tanque de expansión con el sistema de calefacción es una situación grave.**

El otro problema, de ello depende la duración del sistema, es la **corrosión**. La corrosión puede ser de varios tipos, las dos más peligrosas para los sistemas de calefacción son : del lado del agua **las corrientes galvánicas y la corrosión por oxígeno**, del lado exterior debido a los malos montajes de las cañerías ( debido especialmente la presencia de cal con mezclas “tocando” el metal, la humedad de las paredes y pisos, las corriente “vagabundas” por tierras eléctricas mal instaladas o por la sola presencia de campos magnéticos alternativos de motores o transformadores que provocan la formación de corrientes).

Ninguna corrosión actúa por sí sola, todas en general intervienen cuando un estado de corrosión comienza. Las corrientes galvánicas se producen por establecerse como una “batería” o “pila” que produce corriente eléctrica entre dos metales diferentes o en condiciones diferentes **con la presencia de agua con sales** entre ambos, corriente que se transmite por el agua y el metal, que produce en uno de los metales la pérdida del mismo en el tiempo. El cobre, el bronce, el acero inoxidable, tienden a “corroer” al hierro. El aluminio, el zinc y el magnesio son atacados por todos, estos últimos se utilizan como electrodos de sacrificio para proteger al hierro.

Para evitar que esto ocurra lo mejor es tener cuidado cuando se diseña un sistema de calefacción, tratando de utilizar todos los elementos con el mismo material o tomando medidas que eviten las corrientes galvánicas (aislación eléctrica entre partes, o poniendo electrodos de sacrificio : de magnesio, electrodos activados eléctricamente o productos químicos de inhibición de la corrosión galvánica, etc.)

Una corrosión evitable, que en general se conoce su mecánica, es la

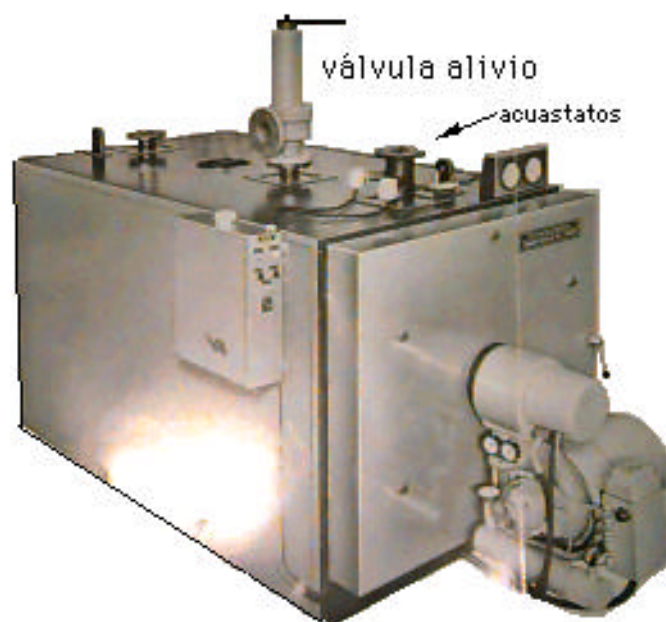
entrada de aire al sistema. Este aire introduce oxígeno que es muy corrosivo. El aire entra con el agua de reposición, que entra al sistema porque hay pérdidas en el mismo (empaquetaduras en bombas o válvulas o tanques de compensación mal instalados o calculados).

Se debe evitar a toda costa que el agua del circuito circule por el tanque de compensación arrastrando aire al sistema (de la misma manera que la circulación en un tanque abierto del todo al sistema puede ser muy contraproducente, se estaría “aereando” el sistema continuamente).

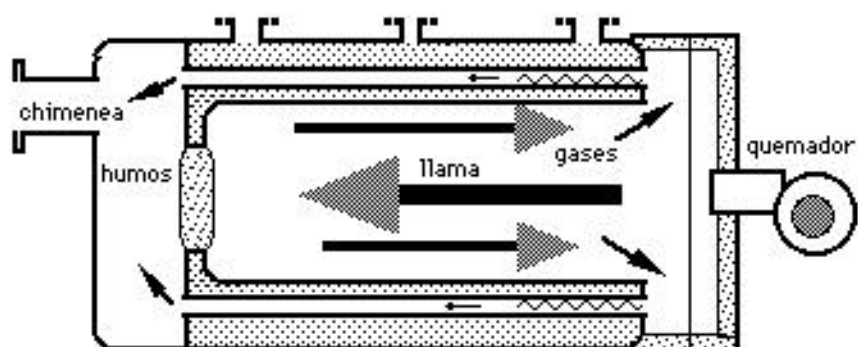
**Cuando se llena el sistema de calefacción con agua, el oxígeno que trae el agua es contrarrestado por su combinación (corrosión) con el material del sistema (hierro) y este ya no actúa cuando todo el oxígeno se ha combinado. Si entra más agua nueva por las pérdidas volverá a establecerse una corrosión, así hasta dejar el sistema fuera de servicio por corrosión.**

**Como conclusión: evitar pérdidas, no vaciar el sistema inútilmente, evitar la entrada de agua por el tanque de expansión por desborde del mismo.**

La utilización de productos químicos es beneficioso para la conservación de los sistemas, debiéndose considerar que solamente se debe de tratar el agua de reposición , que debería ser mínima. Generalmente, si no hay pérdidas, el problema de corrosión es mínimo (siempre que no haya problemas galvánicos o el agua de reposición sea de características corrosivas).



**CALDERA DE AGUA CALIENTE LLAMA RETORNO**



La caldera de llama de retorno, los gases calientes retornan al frente de la caldera sobre la misma llama entrando en los tubos que generalmente tienen retardadores, mejorando con ello la transferencia.

## **LA CALDERA DE CALEFACCION**

**Son muchas las características por las que podríamos clasificar a las calderas:**

**Hay dos grandes divisiones :** caldera **humo-tubulares o piro-tubulares** (el gas de combustión circula por el interior de los tubos) **o calderas acuotubulares o de tubos de agua** (el agua circula por el interior de los tubos) . Las más comunes en calefacción son las calderas humo-tubulares (los humos pasan por el interior de los tubos).

También las podremos **clasificar por los pases de gases de combustión (especialmente en calderas humo-tubulares): calderas de llama de retorno** (el quemador produce una llama y los gases resultantes retornan por el “exterior” de la propia llama, volviendo a la salida por un pase de tubos, por lo general son de 3 pases, 2 pases en el hogar y 1 pase en los tubos, ver croquis anterior), **calderas de uno , dos, tres y cuatro pases** (las veces que los gases cambian de dirección en el interior de la calderas, 1 pase en el hogar y los restantes pases en tubos).

También las podemos clasificar de acuerdo a su **disposición constructiva**, en calderas: **verticales, horizontales, seccionales**, etc.

Lo importante es que estas calderas tienen su construcción reguladas por normas de fabricación y pruebas en los distintos países, ya que son elementos que afectan la seguridad y que se espera que dé un resultado económico en su utilización, es decir que su Eficiencia (aprovechamiento del combustible) sea la adecuada para quien la elige para su uso.

Si bien la presión que soportan en general son estáticas (alturas de aguas a presión casi constante), están de todas maneras sometidas a un esfuerzo mecánico y térmico, además del ataque del lado del “fuego” por la corrosión de los gases ( azufre, óxidos del nitrógeno y gases corrosivos de una mala combustión, cualquiera sea el combustible), del lado del agua sometidas a la corrosión de la misma (sea por oxígeno, galvánicas u otras de origen químico).

**Eventualmente su presión podría aumentar, dentro de los límites de seguridad**, debido a fallos en los mecanismos de seguridad, pero nunca deberá ser más allá del límite admisible (para ello deberá contar con los elementos de **protección por exceso de temperatura, presión , falta de agua** ).

Las calderas de calefacción llevan una purga para su vaciado, pero no se deberán purgar (ya que esto hará que entre agua de reposición con oxígeno y dureza -sales de calcio y magnesio- que provocará barros e incrustaciones con la dureza temporaria y además provoque una corrosión por oxígeno ). En algunos casos es conveniente que dispongan de tapillas de inspección, para limpieza eventual de barros y observación de la integridad de los elementos constructivos internos (corrosión de los “stays” que tienden a cortarse, soldaduras de las “polleras” o partes inferiores que se tapan con barros y esto provoque su corrosión por efecto “diferencial”, esto ocurre especialmente en las calderas de diseño antiguo cuyos cuerpos no son cilíndricos).

**No es necesario vaciar el sistema y cambiar el agua cada año, esto es malo** por lo que hemos dicho anteriormente, solo se debe vaciar en caso necesario para una reparación.

**Tampoco se deben instalar válvulas que puedan cortar la circulación del agua del sistema totalmente**, ya que la caldera sin circulación de agua levanta presión y pueden provocar un accidente (si fuera necesario instalar válvulas que aislen el sistema de la caldera, es conveniente que la misma tenga una válvula de alivio o que la cañería de compensación quede del lado del circuito de la caldera, de manera que si la misma es prendida no pueda levantar presión).

Es deseable que el quemador a instalar sea el adecuado, no solo en capacidad, sino en la forma de la llama. Los refractarios no solo “ayudan” a la combustión sino que protegen a la caldera para que la llama no incida demasiado en las zonas que pueden afectar su estructura (soldaduras, fondos, colectores, etc.).

De todas maneras estas calderas deben ser fabricadas por talleres calificados, ya que en un edificio de cierta altura, la presión del agua

puede llegar a ser apreciable (por cada 10 metros de altura tenemos 1 Kg/cm<sup>2</sup> de presión) y como el agua está próximo a los 100°C (generalmente entre 60°C y 90 °C), si una de estas calderas fallara la retención del agua en su interior por fallas en su estructura, el agua caliente puede quemar a una persona o dañar equipos (especialmente en los eléctricos provocar corto-circuitos) , no olvidando que estas calderas generalmente se instalan en zonas bajas de los edificios y su vigilancia no es continua como en una caldera a vapor. Aunque este no es el problema de la “explosión” de la caldera, esto es un simple vaciamiento de la misma, la explosión es cuando hay expansión del agua caliente y el vapor producido. Para que ello ocurra, la caldera deberá calentar por encima de los 100°C (por ejemplo: si la caldera calienta hasta los 183°C la presión que levantará si no hay un sistema de protección podrá ser de 10 Kg/cm<sup>2</sup> y el agua caliente podrá “expandirse” más de 1700 veces para igualar la presión atmosférica, es decir que cada litro de agua se transformará en vapor ocupando 1700 ltrs. de espacio a la misma presión que la atmósfera. (Un % del agua se evapora, dependiendo de su temperatura, esto se llama vapor de “flash”).

**De aquí se puede llegar al conclusión de la alta peligrosidad de una caldera de calefacción mal instalada, ya que debemos recordar que la fuerza que puede ejercer el vapor sobre una superficie es la suma de la fuerza sobre cada unidad de superficie en que se exprese la presión (si pensamos que en un sótano, rodeado de paredes, si la caldera se descarga en forma brusca, al expandirse el vapor baja la presión, pero la superficie de las paredes es tan grande que la fuerza aún con un pequeña presión es de una dimensión increíble : un techo de 10 metros de largo por 6 metros de ancho, si la presión de la caldera que se descarga a 10 Kg/cm<sup>2</sup> se expande y baja, ejerciendo sobre el techo tan solo 0,100 Kg/cm<sup>2</sup> -o sea 100 gramos por centímetro cuadrado- una presión 100 veces menor, puede ejercer una fuerza de  $1000 \times 600 \times 0,1 = 60.000$  Kg o sea 60 toneladas. Pensemos que esta fuerza que**

debería soportar solamente en techo de la sala, pero como la presión se transmite en todas sus paredes por igual, hay una gran fuerza expansiva en todo el entorno que fuerza todas las superficies (paredes, pisos y techo) de acuerdo al tamaño de las mismas ( fuerza = superficie por presión).

**Claro, generalmente siempre hay aberturas por donde escapa al presión, pero de todas maneras el daño puede ser tremendo (todo sabemos lo que puede pasar con un pequeño calefón en el cual falla el termostato de marcha y luego no funciona el termostato de máxima, la válvula de alivio y el tapón fusible : es capaz de tirar la paredes del baño o parte de la casa.**

En el suministro y cada tantos años, conviene hacer una buena inspección visual y hacer una prueba hidráulica de estructura y estanqueidad, usando para calcular la presión de prueba hidráulica las normas adecuadas (no las utilizadas en calderas de vapor de 1 1/2 vez la presión de trabajo, ya que si la caldera trabaja a 1 Kg/cm<sup>2</sup> es absurdo probarla a 1,5 Kg/cm<sup>2</sup>; en general se podría tomar una presión no menos de 4,5 Kg/cm<sup>2</sup> como presión de prueba y de allí sumar hasta los 10 Kg/cm<sup>2</sup> dicha cantidad, dejando en la franja superior la presión de 1 1/2 vez la presión de trabajo.

Los lugares débiles de estas calderas son : las soldaduras de las zonas bajas que se cubren de barro estacionados, los mandrilados en la entrada de los gases calientes en la placa más caliente, en la partes bajas si quedaran expuestas a la llama directa del quemador, en los "stays" (refuerzos de la zona planas) que tienden a cortarse por corrosión o se desprenden por mal procedimiento de soldadura entre el "stay" y las planchas planas.

Estas calderas no tienen generalmente tapón fusible, salvo en algunas calderas que funcionan con combustibles sólidos (carbón, leña, o residuos celulósicos), ya que estas calderas se pueden quedar sin agua debido a una falta de control de los fuegos y el vapor formado "expulsa" el agua del interior de la caldera, entonces el tapón fusible se funde por sobrepasar la temperatura del estaño y descarga el agua

restante de la caldera sobre el fuego : supuestamente apagándolo.

El diseño de la caldera será fundamental para obtener un buen rendimiento o Eficiencia (un mejor aprovechamiento del calor generado por el combustible), esto se notará en que lograda una buena combustión (completa y sin mucho exceso de aire) la temperatura que se pierde por la chimenea no sobrepasará en mucho la temperatura del agua en el interior de la caldera ( entre 50°C una muy buena caldera, a más de 100°C una caldera de diseño antiguo).

**Recordemos que la Eficiencia de la caldera es el aprovechamiento del calor generado por el combustible, o sea es la relación en % del calor suministrado al agua en relación al calor total suministrado por el combustible.** Visto de otra manera el calor suministrado al agua es : el calor suministrado por el combustible menos el calor que se pierde por la chimenea y menos el calor que se pierde por la aislación de la caldera al ambiente.

**Esta Eficiencia se puede expresar % del calor suministrado por el combustible, que se puede considerar de dos maneras diferentes : una referida al Poder Calorífico Superior (P.C.S. o sea el calor total del combustible considerando que el agua que trae el combustible como humedad, más la que se forma al quemar el hidrógeno y forma agua, de manera que suponemos que dichas aguas estarán en estado de agua , es decir, que no han tomado calor en vaporizarse) y la otra es la referida al Poder Calorífico Inferior (P.C.I., es decir consideramos que las aguas anteriores se van por la chimenea en forma de vapor, robándonos calor latente, cosa que generalmente ocurre).** Las formas de expresar la Eficiencia son correctas siempre y cuando aclaremos a cual de las dos esta referida la Eficiencia, así una caldera de una Eficiencia del 90% al P.C.I. será igual si la expresamos con el P.C.S., pero su número será un numero menor, por ejemplo: aprox. 86% al P.C.S., debido a que aparentemente en el P.C.S., al considerar la presencia del calor al condensar el agua, tendremos un calor mayor que no podemos aprovechar, pero en realidad, **ambas eficiencias son iguales, pero sus números diferentes.**

## LA COMBUSTION EN LAS CALDERAS DE CALEFACCION

Siendo diferentes los combustibles, en los quemadores tendremos que encarar su ajuste y funcionamiento de acuerdo al tipo de combustible.

Si bien en todos los combustibles los elementos principales que aportan el calor son el carbono (C) y el hidrógeno (H).

La combustión es la reacción de ciertos elementos (**carbono, hidrógeno, azufre**) que constituyen el combustible que reacciona con el **oxígeno del aire** (que se encuentra en una 21% en volumen o en 23% si lo consideramos en su peso, siendo la mayor parte el nitrógeno y otros gases de muy pequeña incidencia, estos últimos casi no intervienen en la combustión). Para que halla combustión no sólo se necesitan estos elementos y el oxígeno del aire, sino que **exista suficiente temperatura** (puede haber una combustión fría con un “catalizador”, o una combustión muy lenta que llamamos oxidación). Pero para mantener oxidación rápida, que llamamos **combustión**, también influirán la **mezcla** de estos elementos y el aire, **más un cierto tiempo dentro de dicho hogar caliente** para que se termine la reacción completamente. Para que esto ocurra, los elementos : carbono, hidrógeno, azufre, que se encuentran en los compuestos del combustible, deben estar lo más finamente divididos para que se “mezclen” adecuadamente con el oxígeno y puedan reaccionar. Los combustibles sólidos, en trozos o polvo, los combustibles líquidos finamente pulverizados y los combustibles gaseosos dispersados en la corriente de aire.

**El carbono al unirse al oxígeno** del aire y reaccionar completamente formando **anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>)**, gas más pesado que el aire, incoloro, inodoro que puede causar la muerte por asfixia) da su máximo calor (más de 7.000 Kcal por Kg.). Pero si no se logra su combustión completa, o sea que se quema parcialmente formando **monóxido de carbono (CO)**, gas incoloro, casi inodoro, venoso por acumulación por exposición a bajo niveles o de muerte por envenamamiento rápido en concentraciones relativamente altas) dará

solamente 1 tercio del calor que podría dar. Generalmente el carbono es el componente mayoritario de casi todos los combustibles.

Para lograr su combustión completa se necesita : una **mezcla muy buena con el aire** de combustión y **temperatura suficiente para mantener la reacción** con el oxígeno y **tiempo suficiente para completar su reacción**. Generalmente en el hogar de la caldera, al quemar el carbono de cualquier combustible, hay una etapa en que el carbono todavía no se ha quemado por completo, es decir, está pasando la etapa de monóxido (CO), puede que por enfriarse (chocar contra las superficies relativamente frías de la caldera por falta de refractarios o mal formación de la llama) no continúe su reacción a anhídrido (CO<sub>2</sub>), o por falta de tiempo de combustión (llamas muy largas o calderas muy cortas), se pierda en los gases de chimenea como CO y con ello se pierda buena parte del calor (2/3 del que podría haber dado como CO<sub>2</sub>).

O sea, queremos decir que el monóxido de carbono es un gas de relativamente difícil combustión (aunque explosivo en una mezcla con aire a determinadas proporciones), ya que necesita una buena temperatura, una buena mezcla con el aire de combustión y además bastante tiempo (su velocidad de combustión es una de las más baja).

En el caso del **hidrógeno**, este al reaccionar con el oxígeno del aire, forma **agua (H<sub>2</sub>O)**, dando una cantidad muy importante de calor (aprox. 34.000 Kcal. por Kg., equivalente al Poder Calorífico Superior). aunque el agua “nos roba calor de evaporación” al salir como vapor de agua por la chimenea (unas 600 Kcal. por Kg. de agua, el calor bajaría al correspondiente a la vaporización del agua a 0°C, como cada 1 Kg. de hidrógeno da 9 Kg. de agua, se perderán por la chimenea  $600 \times 9 = 5.400$  Kcal/kg, es decir que el calor final aprovechable con el hidrógeno será de  $34.000 - 5.400 = 28.600$  Kcal. /Kg. equivalente al Poder Calorífico inferior - P.C.I.- ). La velocidad de combustión del hidrógeno es muy alta (el átomo H, un gas: cuya molécula la forma dos átomos : H<sub>2</sub>, es muy explosivo al mezclarse con aire en cierta relación), por lo tanto mejora mucho su presencia en los combustibles el manejo de la

combustión (hay una alta temperatura dada su alta velocidad de combustión y producción de calor, lo cual ayuda a tener una combustión completa con más facilidad).

En los combustibles líquidos, los que tienen mayor hidrógeno son más fáciles de quemar, aunque debemos extremar las precauciones de las “explosiones de hogar” por falta de barrido de gases al prender o por pérdidas de combustible en el hogar caliente.

El F.Oíl es el que tiene menos hidrógeno, aumentando el mismo a medida que los combustibles son más livianos (aumentando el contenido de hidrógeno, le siguen : el Diesel Oíl, Gas Oíl , Kerosene, siendo las naftas las de mayor contenido, las que las hacen altamente peligrosas de quemar en un hogar).

En el caso de los **combustibles sólidos** , la leña tiene más hidrógeno que el carbón de leña y el carbón mineral (en los que predomina el carbono).

El caso de los **gases** , estos tienen más hidrógenos en general que los otros combustibles nombrados (salvo aquellos derivados de procesos industriales de recuperación ) así los gases de garrafa de hogar (envasados en forma líquida) tienen bastante hidrógeno, tal es así que si observamos una olla de agua fría sobre una hornalla de una cocina a gas, veremos que se forma agua condensada sobre la superficie de la olla al tocar la llama y enfriarse.

Los **gases naturales**, dependiendo de su zona de extracción, en general pueden tener bastante hidrógeno, lo que los hace muy aptos para una buena combustión , siempre y cuando los sistemas de seguridad de los quemadores y su correcta instalación funciona adecuadamente, ya que la combustión de los gases y especialmente los ricos en hidrógeno son de cuidado (todos los gases pueden provocar explosiones de hogar).

Otros elementos en los combustibles, que producen un poco de calor : es el **azufre (S)** al combinarse con el oxígeno, pero no es este calor importante y son más los inconvenientes que los beneficios (el resultado de la combustión es **anhídrido sulfuroso (SO<sub>2</sub>)**, un gas que

puede con el agua de la propia combustión o de la humedad del aire o el ambiente -zonas frías- formar un ácido (el ácido sulfúrico-el que se usa en las baterías de autos- que es muy corrosivo para las chimeneas y las propias calderas cuando están paradas y se enfrían, además contamina mucho el ambiente). Generalmente el azufre está en los combustibles pesados como el F.Oíl o el F.Oíl de calefacción (que es una mezcla de F.Oíl pesado y Diesel Oíl en la mayoría de los casos). A medida que los combustibles son más “livianos” bajan su contenido de azufre. En los combustibles sólidos, la leña prácticamente no tiene azufre ( la cáscara de arroz un poco), pero sí hay carbones que tienen bastante azufre y son muy contaminantes. En los combustibles gaseosos, el gas natural en el primer momento de su extracción de los pozos bajo tierra puede tener azufre, pero dicho azufre debe ser “eliminado” a un bajo límite para ser comercialmente usado.

**Los otros elementos** que contienen los combustibles son de diverso origen : como ser humedad (agua), oxígeno, nitrógeno, etc. y en los gases puede haber también gases del tipo de la combustión como ser el propio CO<sub>2</sub> y CO.

Si tomamos 1 Kg. de cualquiera de estos combustibles, lo “quemamos” (con oxígeno) en un recipiente en que no se “escape” el calor y medimos el calor producido llevando la temperatura de los elementos resultantes a 0°C, el **calor obtenido será igual al Poder Calorífico Superior (P.C.S.)**.

Si al calor medido en el ejemplo anterior, evaporamos el agua, pero dicho vapor lo consideramos a 0°C (que es lo mismo que descontar el peso del agua multiplicado por 600 Kcal/Kg o sea el calor latente de vaporización a 0°C) **obtendremos el Poder Calorífico Inferior (P.C.I.)**.

La diferencia entre la consideración de los dos poderes caloríficos será el calor necesario para vaporizar el agua a 0°C.

El Poder Calorífico de los gases naturales varía de acuerdo a la composición de la mezcla de gases de que está compuesto (aunque predomina en general el metano).

Por ejemplo: el F.Oíl Pesado tendrá un Poder Calorífico Superior

aprox. de 10.300 Kcal/Kg (**P.C.S.**) y el Poder Calorífico Inferior es aprox. 9.700 Kcal/Kg (**P.C.I.**) .

Los poderes caloríficos **en los gases**, se expresan relacionados con los volúmenes, cuando es así, **debemos considerar a que presión y temperatura se refiere**, ya que el peso por metro cúbico de los componentes variará según sea la presión y la temperatura.

**Las expresiones por volúmenes de los gases tienen sentido cuando se indica la presión y la temperatura al cual el volumen está expresado.**

En este caso de los gases, a veces los volúmenes se expresan como Nm<sup>3</sup> (normal metro cúbico), es **1 m<sup>3</sup> de gas a 760 mm de Hg de presión absoluta (760 milímetros de mercurio) y a 0°C de temperatura**. Tomándose como una unidad práctica el nm<sup>3</sup> (metro cúbico técnico normal) en el que se considera al gas a una presión absoluta de 760 mm. de Hg pero a una temperatura de **19,2°C** ( o 1 Kg/cm<sup>2</sup> de presión absoluta y 10°C de temperatura, esto simplifica algunos cálculos cuando se trabaja con el valor molar-volumen que ocupa en m<sup>3</sup> el peso molecular en kg del gas-, ya que se quitan los decimales a la equivalencia de Nm<sup>3</sup> respecto al valor molar, que en el caso del Nm<sup>3</sup> se toma como 22,414 m<sup>3</sup> el valor de 1 mol y en el caso del nm<sup>3</sup> se toma como 24 m<sup>3</sup>, siendo este un numero entero que facilita los cálculos).

**Pero una medida muy utilizada es la que se refiere a condiciones Standard como que el gas está a 15°C (59°F en U.S.A.) y 1 atmósfera standard ( 1 atm. standard= 760 mm mercurio= 1,033 Kg/cm<sup>2</sup> = 1.013,25 mb ó sea mili-bar = 101,325 KPa o sea kilo-Pascal ó 14,7 Lb/pulg<sup>2</sup> ó sea libra por pulgada cuadrada).**

Como dijimos, el poder calorífico superior de un gas se puede decir por ejemplo : 9245 Kcal/m<sup>3</sup> (metro cúbico standard : 15°C y 760 mm. Hg absolutos), pero también se podrá expresar en MJ (mega-Julios, siendo 1MJ= 238,9 Kcal.).

### Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

O podría decirse que el poder calorífico superior de este mismo gas es de 12.709 Kcal /kg (no dependiendo de la presión, pero sí de la temperatura que se supone a un determinado valor, generalmente 0°C).

También podemos definir que para este gas, se necesita un volumen de aire , una cantidad de aire mínima para su total combustión, diciendo por ejemplo: que 1 m3. de este gas necesita 9,8 m3. aire para su combustión total.

Pero como en los gases hay muchas variaciones de composición, se a definido un cálculo que permite saber si un gas puede sustituir a otro en el mismo quemador y con la misma presión de gas, por medio de un índice llamado **Índice de Woobe**, cuya definición es la establecida : **entre el Poder Calorífico Superior y la raíz cuadrada de la densidad relativa** (tomando el P.C.S. en Mj/m3 y densidad relativa respecto al aire, siendo el aire =1). Por ejemplo, si el gas tiene un P.C.S. igual a 40.1 Mj/m3 y la densidad relativa es de 0,64, el índice de **Woobe** será 50,1.

A semejantes o próximos índices de **Woobe**, dichos combustibles pueden ser intercambiados en el mismo quemador sin necesidad de cambiar las toberas de inyección de gas, de lo contrario habrá que hacer cambios en el quemador cada vez que se usen diferentes gases.

Por ejemplo: Especificación general de gas natural por cañería en general:

|                                           |                           |
|-------------------------------------------|---------------------------|
| Poder Calorífico Superior.....            | 36,51 a 41,0 MJ/m3        |
| Índice de <b>Wobbe</b> .....              | 46,02 a 50,86             |
| Agua.....                                 | 112 Kg/millón m3          |
| Punto de rocío de hidrocarbones.....máx.. | 2,2°C a 7 Mpa (relativos) |
| Oxígeno.....máx..                         | 0,2% vol.                 |
| Total de azufre.....máx...                | 45,74 mg/ m3.             |
| Sulfuro de hidrógeno.....máx...           | 6,0 mg/m3.                |
| Mercaptan azufre.....máx...               | 4,57 mg/m3.               |

## LOS QUEMADORES

Los quemadores en general cumplen funciones similares en todos los combustibles, aunque debemos separar las características de acuerdo al tipo de combustible, de allí que haremos una clasificación primaria de acuerdo a los mismos en : **a-combustibles sólidos, b-combustibles líquidos, c- combustibles gaseosos.**

**Cualquiera sea el combustible, la meta de los quemadores es :**

**a-Lograr una combustión controlada** (que se pueda aumentar, disminuir o apagar, de lo contrario la caldera se “disparará” subiendo en demasía su temperatura y formando vapor, corriendo riesgos, o no habrá confort en los ambientes si el quemador no dá la combustión prevista , etc.).

**b-Una combustión segura en el inicio** (evitar la etapa peligrosa del inicio de combustión en la que se pueden producir explosiones hogar: una mezcla de aire y combustible en una relación tal que al comenzar a encender produce una explosión).

**c-Lograr una combustión completa** (que ningún elemento combustible pueda escapar por la chimenea, que toda la reacción se provoque en el hogar). Generalmente el quemador deberá lograr una buena mezcla del aire y el combustible, un forma de llama de manera que su temperatura y el tiempo logren culminar la combustión (en esto influye también la caldera).

**d-Hay otros elementos que considerar en el quemador, desde la seguridad a la facilidad de mantenimiento** (los veremos en el detalle de los combustibles).

**e-Que sea capaz de mantener la relación de aire a combustible,** ya que la falta de aire dará una combustión incompleta (en leña y gases, es difícil de darse cuenta por observación, en los combustibles como el F.Oíl se nota por el humo que se forma), siempre debe haber un exceso de aire adecuado al tipo de combustible, pero tampoco este exceso deberá ser muy alto, ya que perderemos calor por la chimenea del aire que entra en la caldera, que se calienta, pero no se utiliza (los excesos de aire en combustibles líquidos serán entre 15% a un 30%

máximo, en leña y carbón puede ser un poco más, siendo más baja en la quema de gases). **El exceso de aire se mide midiéndolo la composición de gases** en la chimenea, ya que por simple observación no se tiene una idea clara del problema, aunque un “práctico” en el tema observando la llama se puede aproximar a una idea del exceso, lo correcto es controlar el CO<sub>2</sub> o el O<sub>2</sub>, con instrumentos adecuados y que en general son de fácil utilización.

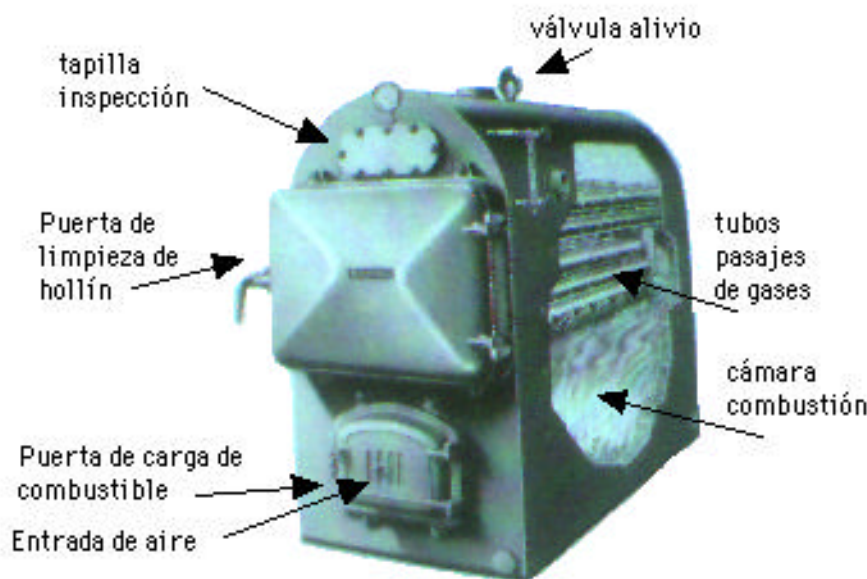
**Los quemadores podrán ser de régimen fijo** (o sea que prenden a una determinada capacidad de fuego y apagan al llegar a la temperatura en que cortan), pueden ser de **varias etapas o “llamas”** (es decir que el quemador cuando se aproxima a la temperatura de corte, al tener más de una tobera de atomización y aire ajustable a las toberas, irá apagando de a una hasta cortar si fuera necesario), o podrá ser **“modulante”** (es decir, que el quemador quema una cantidad variable de combustible y ajusta el aire, de acuerdo a la necesidad de calor, que si llega a la temperatura en que debe de cortar y la llama ya es la menor en capacidad, corta y vuelve a prender cuando el acuostato detecta que la temperatura a bajado).

Los quemadores **modulantes**, además de los acuostatos de “prende y apaga” y del “acuostato de máxima” con “reset” de armado manual (por seguridad), deben de llevar un “acuostato modulante” o tantos acuostatos como llamas de modulación por toberas tenga (un quemador de dos llamas tendrá 3 acuostatos, el de control general, el de máxima de seguridad y el de la segunda llama (alta), que será ajustado de manera que prende la segunda llama a un valor por debajo del que apaga el quemador y también cortará la segunda llama antes de que se llegue a la temperatura de corte, de manera de mantener el quemador prendido con la primer llama y solamente se apague si la temperatura sigue subiendo hasta el valor de corte del acuostato general de “prende y apaga” del quemador.

Ejemplo: acuostato general : prende a 60°C y apaga a 90°C

acuostato de segunda llama: prende a 70°C y apaga a 85°C

acuostato de seguridad.                      apaga a 95°C (prende manual)



## **CALDERA A COMBUSTIBLE SOLIDO**

### **a-QUEMADORES PARA COMBUSTIBLES SOLIDOS**

Estos tipos de quemadores podrán ser tan primitivos como hacer fuego en el interior de un recipiente (sacando las cenizas cada tanto), mejorado podrá tener una parrilla, mejorado aún más podrá tener registros de aires, mejorado aún más podrá tener tiros inducidos en la chimenea y forzadores debajo de la parrilla, controles de manejo de los aires en forma automática, vigilancia por temperatura, falta de agua , etc.

**El problema mas grave de los quemadores de combustibles sólidos es la vigilancia de la temperatura y posibilidad de la falta de agua en el circuito.** Cuando la caldera no sea automática, se debe considerar muy seriamente disponer de elementos extras de seguridad, como un “venteo de vapor” para desalojar el vapor que se pueda formar si la caldera se “dispara” por alta temperatura, ya que si no lo tiene, el vapor empujará el agua por la conexión al tanque de expansión, vaciando la caldera y recalentándola. Otras medidas podrán ser: alguna válvula de alivio, un tapón fusible en el lugar adecuado (estos dos

últimos elementos actuarán en condiciones extremas, de allí que el “venteo de vapor” es la solución más adecuada).

**El peligro si la caldera levanta presión y no puede desahogar por la conexión al tanque de expansión por estar incrustada o por ser insuficiente su diámetro** (caño muy fino ; no olvidar que el agua al vaporizarse ocupa mucho más volumen que el agua, esto significa que es más fácil sacar 1 kg de agua por una cañería que 1 Kg de vapor, por ejemplo a 10 Kg/cm<sup>2</sup> (o sea 183°C), ya que un 1 Kg de vapor de esas características ocupa un volumen de 180 veces más (180 ltrs./Kg).

Un caso similar a un accidente de este tipo, puede ser en los calefones, que si bien son pequeños comparados con una caldera, sus explosiones son de consecuencias terribles en algunos casos. **En las calderas estos mismos accidentes pueden ser catastróficos.**

**Nunca debe dejar de vigilar una caldera que funciona a leña, especialmente si depende la circulación de agua de bombas (circulación forzada), ya que si hay un apagón de luz, en este caso, el agua ya no puede sacar el calor de la caldera y hará que ésta empiece a producir vapor** (si tiene controles térmicos de los aires - las calderas a leña se controla su combustión con el aire - y estos no funcionan con electricidad, puede ser que si la instalación está bien calculada para que algunos radiadores funcionen por circulación natural, de manera que puedan absorber el calor con la caldera al mínimo de combustión, no pase esto).

No olvidemos que en las calderas a leña y carbón, el combustible está en su interior acumulado y la única forma de regular la combustión es en el manejo de los aires (bajo grilla o parrilla : **aire primario** y sobre la grilla o parrilla : **aire secundario**, ambos se pueden variar con el tiro de chimenea, creando mayor o menor tiro, o si son forzados con las “clapetas” o “registros” de control en los ductos de descarga de aire), de todas maneras si cerramos los aires totalmente el fuego quedaría como apagado al no haber oxígeno, pero esto no ocurre por lo general, especialmente debido a las infiltraciones de aire por las juntas de la “puertas de carga” o registros de regulación del aire (que

generalmente se encuentran en mal estado). La otra problemática, aunque la caldera esté automatizada para cerrar los aires si sube la temperatura, es que a veces por descuido o comodidad la “puerta de carga” se deja abierta y los automáticos aunque cierren las entradas de aire, el aire entrará igual.

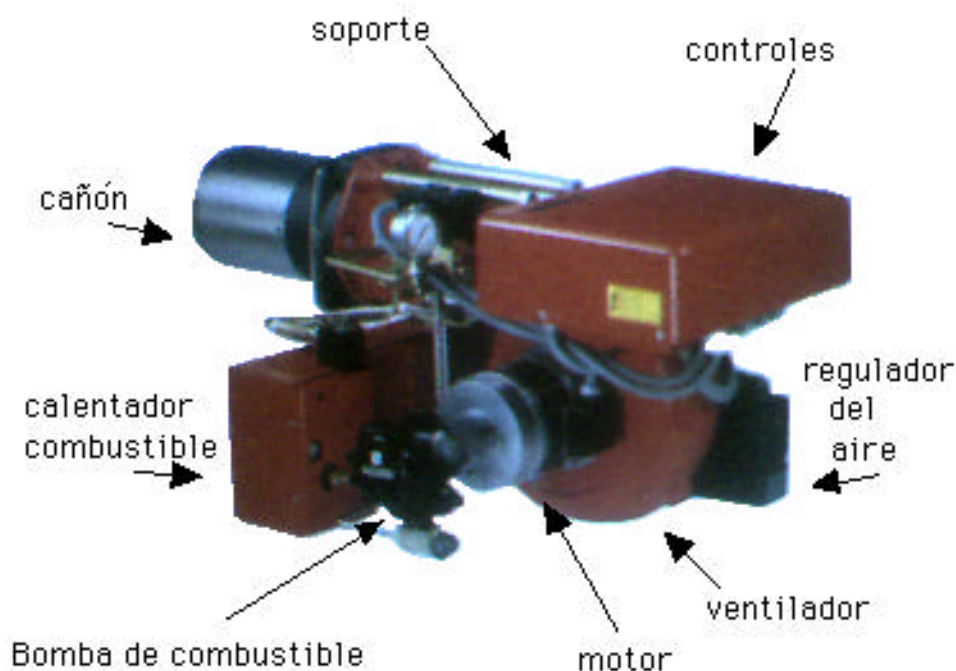
**Nunca dejar exceso de combustible en el interior de la caldera, esto provocará una mala combustión, ya que el aire tendrá dificultad de circular y habrá una combustión con falta de aire** (saldrán gases sin quemar por la chimenea, provocará una pérdida económica y será contaminante). Este caso no es fácil de observar en la leña (muy pocos humos), pero sí en el caso del carbón piedra (hay muchos humos cuando falta el aire o hay mala combustión).

Demás está decir que la leña debe ser de eucaliptos preferentemente (ya que es una leña no nativa, poco contaminante, etc.) que al cortar el árbol su humedad es del orden del 60% (40% materia y 60% de agua), la cual no debe ser utilizada hasta bajar dicha humedad por lo menos al 30%, ya que si no será muy contaminante, difícil de quemar y de muy bajo rendimiento en la caldera (con gran tendencia a ensuciar la chimenea y los tubos).

Las chimeneas deben ser limpiadas todos los años, ya que la acumulación de hollín (cenizas arrastradas con “alquitranes” tienden a quedar pegadas en las paredes de la chimenea y en determinado momento prenderse fuego y provocar un incendio de chimenea o desprenderse y tapar la misma con la caldera prendida, lo cual será un problema de una “gran humareda” debido a la falta de tiro de la chimenea).

Las chimeneas son por lo general de tiros regulables (hay una válvula de “mariposa”, o una “rasera”-cuchilla ajustable- o en el mejor de los casos un válvula con contrapeso para la regulación del tiro en forma automática ( la fuerza que hace la chimenea, que cuanto más alta, más diámetro y más caliente estén los humos, más fuerte será el tiro o capacidad de “succión” de la chimenea) . Si la chimenea “tira” demasiado, habrá por lo general un exceso de aire y un mayor consumo

de leña, si la chimenea “tira” poco, la combustión será lenta, con tendencia a producir humaredas y a faltarle capacidad a la caldera.



## **Quemador a combustible líquido**

### **b-QUEMADORES A COMBUSTIBLES LIQUIDOS**

Los quemadores a combustibles líquidos se pueden dividir de acuerdo a la forma en que “inyectan” o atomizan (“pulverizan”) el combustible en el hogar, en : **a- quemadores a atomización mecánica**, son los que producen la atomización del combustible utilizando una elevada presión y con su viscosidad baja - que el combustible se parezca a un “agua” y para ello algunos hay que calentarlos- estos combustibles a alta presión y baja viscosidad se descargan en el hogar por medio de una “pastilla” o “tobera” o “puntero”, que tiene un pequeño orificio calibrado de salida, pero que antes de salir el combustible recibe un empuje centrífugo en una cámara circular con ranuras especiales para ello, a efecto de que salga en muy pequeñas gotitas como si fuera una

“niebla”, con una determinada forma de acuerdo al hogar en que se encontrará con el aire necesario para la combustión y que debido a la **alta temperatura** entrará en combustión.

Estos quemadores de atomización por presión mecánica son los más comunes.

**b-quemadores de copa rotativa.**

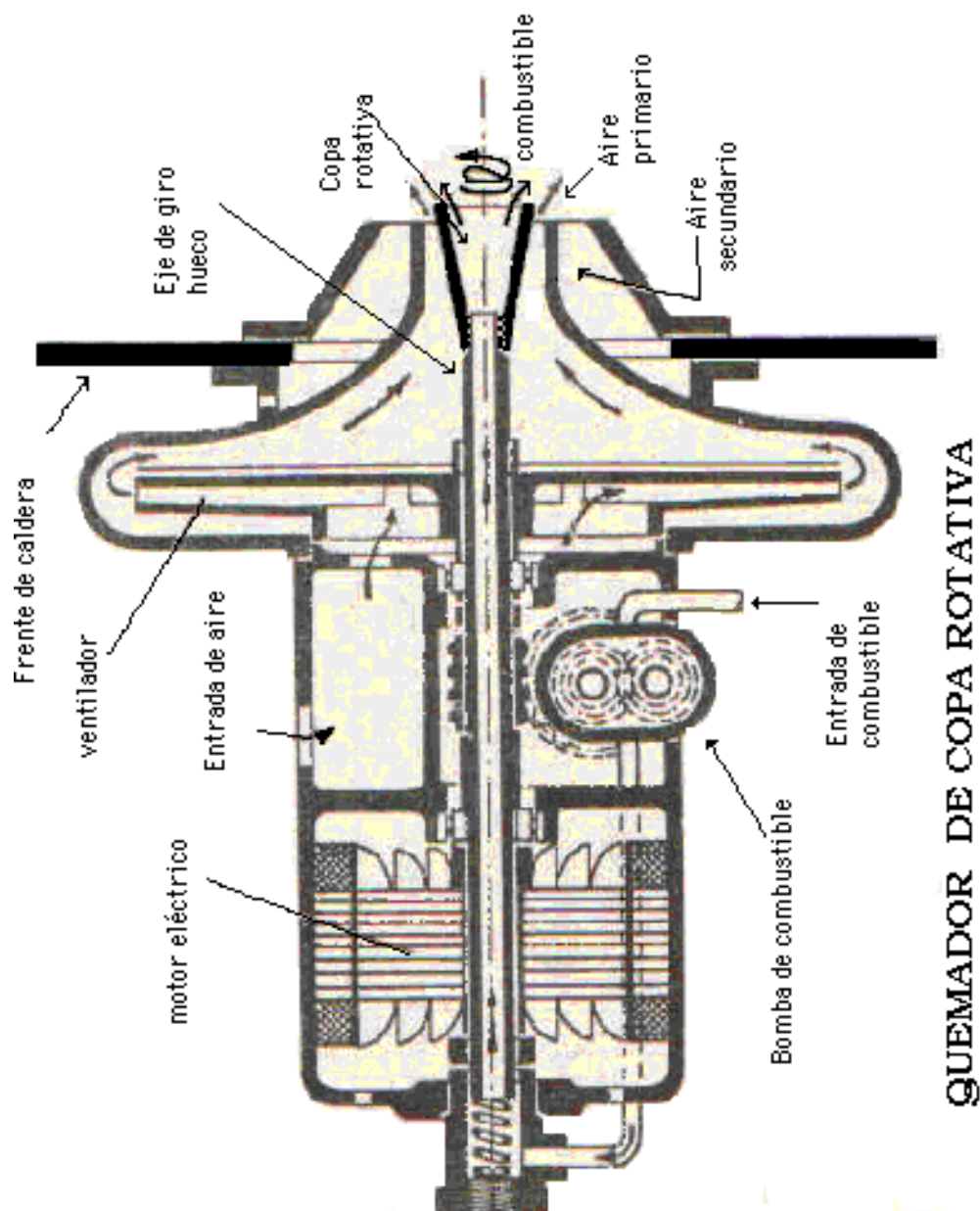
Como lo dice el nombre, el combustible se atomiza en forma de pequeñas gotitas al introducirlo por el fondo de una copa giratoria, cuyo giro es provocado sobre un eje a elevadas revoluciones (impulsada la copa en su base por un eje, que un motor eléctrico y su transmisión impulsan a elevadas revoluciones). **El combustible con una baja viscosidad, pero no tan baja como el agua**, al entrar en la copa toma una gran velocidad tangencial, que al salir por el borde de la copa es despedido en finas gotas que son empujadas por una corriente de **aire primario** que rodea la copa, aire que tiene bastante presión y ayuda a formar la configuración de la llama. Esta llama se establece en el hogar caliente al haber **temperatura** y el **aire secundario** se mezcla con esta llama al entrar en una segunda entrada circular, más alejada de la copa.

Los quemadores de copa rotativa tuvieron un gran auge, pero por ser más costosos que los de atomización mecánica, su uso ha disminuído.

**Los otros sistemas de atomización son aquellos que son “asistidos” por aire o vapor, siendo más utilizados en las calderas industriales que en las calderas de calefacción.**

**En general podemos decir que los quemadores de combustibles líquidos tienen las siguientes condiciones operativas que cumplir:**

Producir la atomización del combustible en forma adecuada, su mezcla con el aire primario y secundario en forma íntima, dándole a la llama la forma más deseable en el hogar y que su suministro de combustible sea el adecuado para dicha caldera u hogar, en cantidad y regulación (y el aire necesario para cada regulación).



Deben lograr la combustión completa , de manera que no produzca hollín, humos visibles y gases “sin quemar” (como el CO o monóxido de carbono, que se puede detectar con medidores adecuados, esté dentro de los valores máximos permitidos, menos del 0,04% de CO en general).

Estos quemadores, que son comandados por el “acuostato” (control termostático que controla la temperatura del agua: para prender el quemador y para apagarlo al llegar a la temperatura máxima), deben hacer las **operaciones de “barrido” antes de prender** (sacar los gases del hogar que puedan provocar una explosión, haciendo circular solo aire unos segundos, de acuerdo al tipo de caldera y quemador), ser capaz de controlar la presencia de llamas en el hogar, no permitiendo que el quemador entre en funcionamiento si hay llama (ya que si entra combustible y hay una llama, la presencia de esta puede provocar una explosión de hogar), además de mantener la **“vigilancia “ de la llama** por si esta falla o no prende (inmediatamente cerrar el combustible, generalmente una válvula de solenoide, a los efectos de evitar que el hogar de la caldera se llene de combustible y luego al intentar prender se produzca un verdadero “incendio” o explosión). Esta “vigilancia” en los quemadores de atomización líquida, se hace generalmente por medio de una **fotocélula** : un “ojo” electrónico-fotocélula- que detecta la presencia de las ondas de **“rayos infrarrojos”** que produce la llama en los combustible líquidos, no así en los gases, cuyo “ojo” es de otra índole, ya que los rayos infrarrojos que producen los gases no son casi detectables, sí los **ultra-violetas**. En general en los quemadores de gases se pueden utilizar **“varillas de ionización”**.

Los rayos **infrarrojos** son aquellos que vemos de color rojizo como en los “rulos” de las estufas y otros que no vemos pero los sentimos por el calor, los rayos **ultra-violetas** no los vemos prácticamente y son cercanos a los que despiden los tubos de luz en su base. Este control de llama o **fotocélula**, está ubicado de tal forma que puede “ver la llama” o el hogar luminoso, autorizando al quemador a introducir combustible si no hay llama visible en la etapa del **barrido** o luego si al intentar arrancar no lo logra, cerrando la válvula de combustible en caso que vea que la llama se ha apagado o no encendido, evitando la inundación del hogar con combustible, repitiendo en general un intento de re-encendido en este caso y luego si no “arranca”, quedando el quemador “parado” hasta que el operador lo pueda habilitar

nuevamente “apretando” un botón de recuperación (“reset” manual). Luego de la etapa de **“barrido”** de gases con aire, **antes** o simultáneamente con la llama principal en algunos quemadores, se produce la **ignición de una llama piloto** (con gas auxiliar) por medio de un **“chispero” eléctrico de alta tensión** (de más de 15.000 voltios) o **por lo general**, los combustibles dedicados a la calefacción, como es nuestro caso, **la llama principal se enciende directamente con el “chispero” eléctrico** (debido a que estos combustibles más livianos pueden encender sin problemas mayores que el F.Oíl pesado). Cuando el chispero enciende un piloto auxiliar asistido con gas, este también es chequeado por la fotocélula en algunos casos, de manera que no se abra la válvula principal de combustible si no hay llama piloto encendida.

En algunos casos, en calderas muy pequeñas, el control piloto es un sensor de temperatura que se coloca en la chimenea, de manera que si no detecta calor unos segundos después de abrir la válvula de combustible, esta es cortada y se comienza nuevamente un re-ciclo, que si no vuelve a prender, el quemador queda apagado hasta que el operador venga a ver la falla y apriete un botón (**“reset” manual**) para habilitar nuevamente el quemador. **Este tipo de control solo es admitido en calderas muy pequeñas y no debe ser usado en calderas más grandes debido a que la señal de temperatura en chimenea es muy lenta y puede llenarse el hogar de combustible antes de que la señal de que se apagó la llama corte el combustible.**

El encargado de todas estas operaciones en secuencia del quemador (normalmente un equipo electro-mecánico o electrónico) se llama **programador** ( es el que **dirige las operaciones** de : 1-barrido con aire, 2-encendido del “chispero” -con o sin piloto auxiliar- con o sin control de llama en el barrido o llama auxiliar, pero con control de llama principal por foto-célula), 3- apertura de habilitación de llama principal, 4- si falla encendido (no detecta llama, la foto-célula corta llama principal), 5- re-ciclo (con todas la etapas) , 6- si en el **re-ciclo** no establece el encendido, va a parada total (con alarma o no, si luz

indicadora de falla, para habilitar nuevamente al quemador el operador actúa sobre el botón del “reset”, previo observar si ve algo anormal).

**El programador es el “cerebro” eléctrico (o electrónico) del quemador.** Anteriormente eran mecánicos-eléctricos, hoy son electrónicos-eléctricos (es decir, que la regulación de los tiempos, las secuencias y controles son electrónicos, pero sus salidas de potencia comandan circuitos eléctricos, contactor del motor del ventilador, bomba de combustible, transformador de chispero, luces indicadoras y alarmas sonoras). El térmico del ventilador debe enclavar al programador.

Estos quemadores de combustibles líquidos si están habilitados para quemar combustibles semipesados (F.Oíl de calefacción) tienen un **calentador de combustible**, ya que el mismo para poderlo atomizar en atomización mecánica hay que calentarlos entre 110°C-120°C, en copa rotativa entre 60°C-70°C. En Diesel Oíl y Gas Oíl generalmente la temperatura ambiente es suficiente (**nunca intentar usar Gas-Oíl o aún Diesel Oíl a la temperatura de atomización del F.Oíl, ya que estos gasificarían y provocarían riesgosas explosiones de hogar**).

En los quemadores de atomización mecánica, los calentadores de combustibles por lo general están con toda la presión de atomización. En F.Oíl entre 20 a 25 Kg/cm<sup>2</sup> de presión cuando el quemador funciona, aún en la etapa de barrido, lo cual significa que la bomba de engranajes que produce la presión funciona cuando el quemador está haciendo barrido. La presión es regulada por la **válvula reguladora de presión**, generalmente sobre la misma bomba, a lo sumo en esta etapa puede haber una válvula de barrido de combustible frío, por lo que hay que tener cuidado que éste alivio no se bloquee, ya que la presión puede llegar a elevarse hasta valores peligrosos (que pueden hacer “explotar” el calentado por alta presión). La energía eléctrica que se usa para la calefacción del combustible es comandada por un termostato (que se puede regular para obtener la más adecuada temperatura del combustible), pero como éste termostato puede fallar, se corre un gran riesgo de que el combustible se recaliente y pueda levantar demasiada

presión por temperatura o sea gasificación o simple dilatación (ya que el calentador está funcionando aunque el quemador tenga su llama apagada). Si la presión va más allá de lo que puede soportar el tanque del calentador o sus accesorios, puede “explotar” provocando una graves quemaduras a las personas o comenzar un incendio.

**Para evitar que el combustible se recaliente y se generen riesgos, hay un segundo termostato de seguridad (no ajustable por lo general, ya viene ajustado de fábrica a un valor máximo, como ser 140°C), este termostato de máxima, si detecta que la temperatura se ha disparado a su valor de corte, corta el circuito de contactor de las resistencias de calefacción y no vuelve a conectarse si la temperatura baja, tiene un botón “reset” manual para su rearme** (es decir que el operador si encuentra que éste termostato se ha disparado, es porque ha fallado el termostato de control de temperatura, por lo que debe cambiar dicho termostato y no hacer funcionar el quemador apretando el botón “reset” a cada rato, ya que el mismo es un control de seguridad).

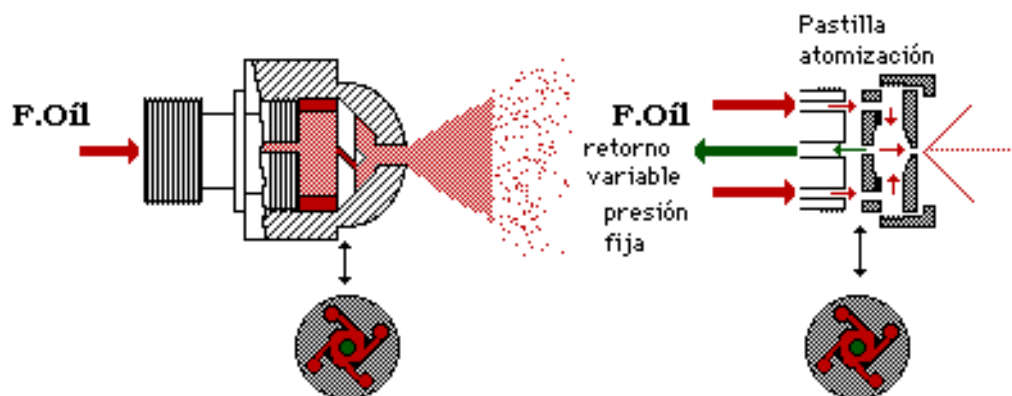
**La falla descrita anteriormente puede ocurrir en la práctica y pueden ser muy graves sus consecuencias si alguien anula dicho termostato seguridad.**

Puede haber un tercer termostato, cuya función es el control de temperatura por baja temperatura (control de “smog”, significa humos o niebla), el cual no permite que el quemador funcione si la temperatura no ha llegado al valor mínimo para lograr una aceptable atomización. Generalmente este termostato de mínima está regulado en 60°C en los quemadores de atomización mecánica que queman F.Oíl calefacción.

En la atomización por copa rotativa se debe controlar de no calentar en exceso al F.Oíl calefacción, ya que el mismo necesita ser “tomado” por la superficie de la copa para su atomización, de lo contrario, si está muy caliente (la viscosidad muy baja) se corre el riesgo que el combustible “resbale” sobre la copa y no sea correctamente atomizado.

Se debe de tener mucho cuidado con los quemadores que tienen calentadores (o sea habilitados para la quema de combustibles pesado o semipesados ) de no utilizar los mismos con combustibles livianos o hacer mezclas muy livianas (poner Diesel Oíl o Gas Oíl en exceso para rebajar) si no se ha bajado la temperatura de calentamiento, ya que un combustible “liviano” tenderá a vaporizarse en el puntero del quemador y esto puede provocar una explosión de hogar, especialmente en el momento del encendido.

### PUNTEROS DE ATOMIZACION MECANICA



#### Flujo directo (caudal fijo) Con retorno (caudal variable)

En los quemadores de atomización mecánica, las **toberas** (o pastillas, o punteros) aumentan su caudal de combustible con la presión, lo disminuyen con la temperatura (el volumen del combustible aumenta) y cuanto más pesado es el combustible mayor su volumen a igual presión (al revés de lo que la gente cree). Los combustibles cuanto más livianos más giran en el interior de las **cámaras de atomización** (o cámara de turbulencia), lo cual crea un impedimento mayor para el pasaje al puntero (aunque esto mejora la atomización). Por esto se debe considerar al cambiar un combustible, que el Nº de puntero (o tobera) sea el adecuado, ya que la caldera está habilitada más bien a las Kilo-calorías por hora y esto puede ser alterado al cambiar el combustible y tener consecuencias tanto en disponer menos calor que

el deseado o más calor que puede dañar la caldera.

Los quemadores de atomización mecánica pueden ser de “varias” llamas , es decir que tienen varios punteros (toberas), de manera de poder graduar (modular) la cantidad de combustible por “saltos” o etapas (también hay punteros o toberas de caudal variables o sea **modulantes**, no son comunes en calderas de calefacción medianas o pequeñas).

El combustible que es impulsado por la bomba del quemador, a veces se toma directamente de un tanque que se encuentra por debajo del quemador (la bomba tiene que succionar, este vacío tiene sus problemas de “cebado” o de pérdida de alimentación del combustible por la entrada de aire en la cañerías o filtros) o en otros casos el tanque está sobre el quemador (esto mejora la succión de la bomba, ya que el combustible es empujado hacia la bomba, el problema grave en esta situación es que si se rompe un caño o se rompe un “mangón” o se “safa” la tapa de un filtro, **el combustible se puede derramar y provocar un incendio**. En estos casos debería instalar un **sistema “anti-sifón”**, cuya función es impedir que siga saliendo el combustible por gravedad, estos sistemas **“antisifón”** generalmente son mecánicos -una válvula cargada a resorte- o son estáticos - un sistema de caño de mayor diámetro de U invertida de determinadas dimensiones con “piernas” de distinto largo y diámetro). Ver croquis de anti-sifón mecánico (válvula).

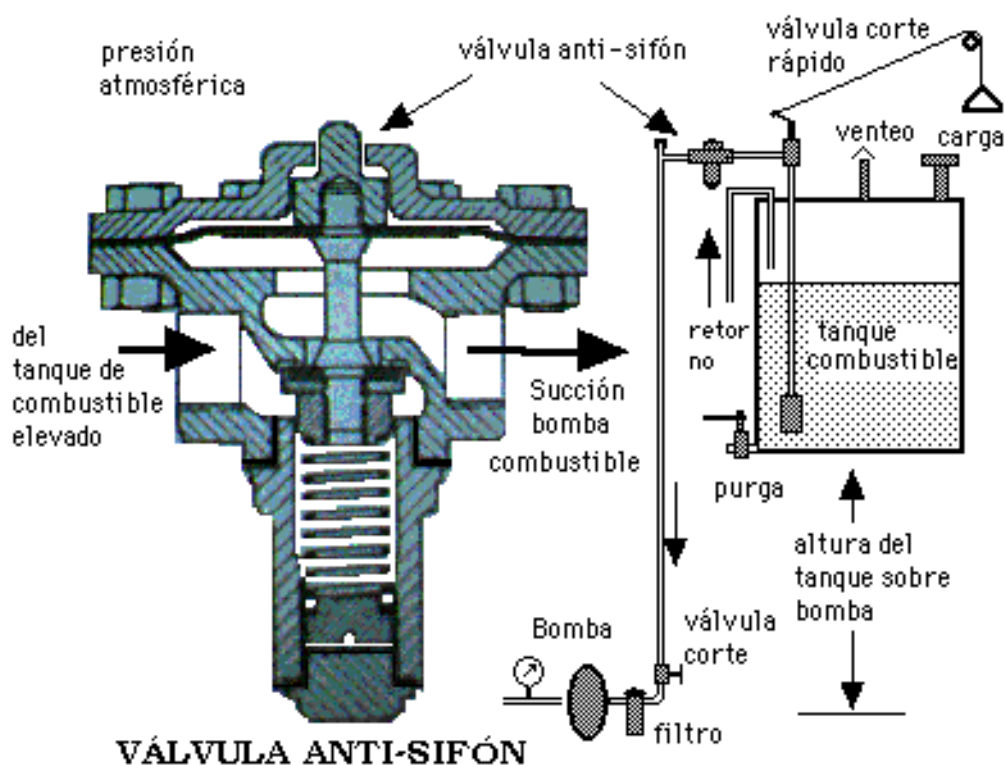
En el croquis vemos una válvula mecánica anti-sifón, solamente abre cuando la bomba produce suficiente succión, de manera que si la cañería bajo el nivel del tanque sufriera una rotura, la válvula anti-sifón cerraría e impediría el derrame de combustible en la sala de caldera, evitando con ello un problema de incendio y mantenimiento.

Cuando el tanque esté elevado, también es muy conveniente disponer una válvula de cierre rápido manual, a efectos de que cuando se declare un incendio se pueda cerrar el tanque a un posible derrame que alimente el incendio, esta **válvula de cierre rápido es conveniente que se maneje a distancia**, si es posible desde un

compartimento exterior.

Cuando los combustibles son muy livianos es conveniente disponer una válvula de solenoide que abra solamente si la bomba de combustible está en servicio.

Ver croquis siguiente (con válvula anti-sifón y tanque de combustible con corte a distancia).



A los problemas de mantener la viscosidad adecuada del combustible en el quemador para su atomización, también **se debe mantener la viscosidad adecuada para que la bomba no haga un vacío o “patine” al succionar**. El combustible semipesado o pesado (F.Oíl calefacción o residual) no debe venir demasiado frío (viscosidad

alta, como “espeso”), la temperatura en F.Oíl pesado podrá ser entre 40°C a 60°C como máximo para su bombeo y con el F.Oíl Calefacción la temperaturas podrán ser más bajas (generalmente se bombea a la temperatura ambiente, cuidando que la mínima no sea demasiado baja en invierno por falta de aislación en las cañerías de succión o retorno cuando puedan estar expuestas a la intemperie ) ni recalentado (como un “agua”, demasiado “liviano” que la bomba de engranaje no lo puede “empujar” o “succionar” ). El recalentamiento del combustible puede provenir del propio quemador, ya que todo quemador por lo general tiene que tener una cañería de retorno, en donde retorna parte del combustible que el quemador recicla en las maniobras de encendido y apagado, además retorna el combustible de la regulación de la presión al quemador (que si bien es frío, algo se calienta por el esfuerzo mecánico de la bomba). La regulación de la presión de combustible del quemador, generalmente se hace por medio de una válvula cargada a resorte en el mismo cuerpo de la bomba, retornando el exceso de combustible al tanque, junto a una porción pequeña de combustible calentado que se hace para purgar al quemador (mantenerlo caliente o purgando los gases). La cañería de retorno del combustible del quemador (por donde retorna el exceso de combustible de la regulación de la presión), si por alguna circunstancia quedara bloqueada por el combustible frío, por una válvula que se haya puesto por error (es admisible válvulas de retención), por un “tapón” de barro, etc. , se corre el riesgo que la bomba del quemador levante tanta presión que “reviente” el tanque de calentador de combustible, sus mangueras de conexión o cualquier otra parte del quemador que le afecte la presión, ya que al no haber retorno la presión de la bomba no se regula y por ser una bomba de desplazamiento positivo (engranajes) la presión subirá hasta que se alivie por un fallo (inclusive la rotura del eje de la bomba o su chaveta). Algunas bombas de engranaje pueden traer un alivio interno de alta presión para evitar este problema. Como conclusión : **en la cañería de retorno evitar de poner válvulas o que por alguna razón pueda obstruirse su pasaje, ya que un error**

**humano o fortuito, puede provocar una importante falla o hasta un accidente.** Por lo que cuando se usen combustibles pesados y semipesados, las cañerías deben tener un buen diámetro (generalmente no menos de 1-1/4", tanto de succión como de retorno), sin codos, con curvas y filtros generosos, así como válvulas de pasaje total (esféricas o esclusas).

El combustible a veces contiene un % de agua mayor al tolerado (generalmente se admite como máximo 1%), esto provoca problemas de combustión, por lo que hay que disponer de purgas de fondo en los tanques de servicio para la extracción del agua. De allí la conveniencia que los tanque de combustibles tengan más de una toma, una baja y otra alta, si hay agua tomamos de la toma alta, mientras purgamos el agua por la purga de fondo.

Generalmente el agua puede provenir del combustible que compramos o puede ser filtraciones de los tanques enterrados o de la lluvia en el caso que esté a la intemperie.

Cuando se usa un aditivo de combustible, se dificulta la purga del agua, debido a que los aditivos por lo general tienden a dispersar el agua en el combustible y no permiten su separación (el combustible es más liviano que el agua, su densidad en F.Oíl Calefacción. es aprox. 0,92 y el agua 1, al ser el agua más pesada, baja a la parte inferior del tanque).

**¡Pero cuidado! a veces el combustible “pesado” (F.Oíl residual) puede venir tan pesado, con una densidad mayor a 1 (1 es la densidad del agua o sea 1 kg. por dm<sup>3</sup> o litro) y el agua en vez de pasar a la parte baja del tanque, “flota” en el interior del combustible, siendo muy difícil sacarla.**

## **TANQUES DE COMBUSTIBLE**

**Dentro de los problemas del combustible, tenemos que considerar a los tanques de combustible, elemento fundamental, tanto en su operación como instalación.** La instalación del tanque influye en su comportamiento posterior, desde que debe tener una purga baja para sacar el agua y el combustible sucio de barro de la parte inferior. Las tomas de combustible conviene que sean dos, una más baja que la otra para marcha normal, dejando la otra superior para los momentos en que el combustible esté contaminado con agua. Estas tomas cuando son instaladas para F.Oíl pesado irán rodeadas de una serpentina de calefacción del combustible, de lo contrario, el mismo no fluirá por las cañerías debido a su alta viscosidad. Las tomas deben tener válvulas de retención adecuadas ( con asientos que no sean atacados por la corrosión o por el propio combustible), un buen filtro (con una malla de inoxidable) antes de la válvula de retención, que conviene esté en la parte más baja de la cañería, además que las tomas se puedan sacar sin problemas para la limpieza de los filtros y la reparación de las válvulas de retención. Estas cañerías de succión tienen que tener un sistema de cebado, que permita el llenado de la cañería con el mismo combustible, pero instaladas de tal forma que permitan la salida del aire a medida que se vayan “cebando” con la entrada del combustible (que se debe hacer lentamente) . Nunca intente trabajar la bomba del quemador o cualquier bomba de engranajes sin el combustible, ya que el mismo es quien lubrica la bomba internamente, de lo contrario los “dientes” de los engranajes se estropean.

Todas **las roscas** (tratar de poner la menor cantidad posible de conexiones roscadas y si es posible la mayoría soldada) deben de tener un **buen “sellante”** ( a base de litargirio o de un teflón en pasta o pasta especial para la función). Antes de ponerl las cañerías en servicio, hacer un chequeo con presión de aire y con agua con jabón probar si hay pérdidas (ya que una pequeñísima entrada hará que succione aire y el quemador tenga problemas por falta de estabilidad en

la presión del combustible).

**¡NUNCA PRUEBE EL TANQUE CON PRESIÓN DE AIRE, ES PELIGROSO!**

**La cañería de retorno del combustible, en muchos quemadores, tiene un retorno bastante considerable :** esto hace posible que se forme espuma, si la descarga en el tanque no es adecuada, la espuma que se pueda formar (son burbujas de aire) pueden ser arrastradas a la succión y provoquen problemas. Para que no se forme espuma se debe retornar sin arrastrar aire en la caída, a veces es conveniente hacerlo sobre un superficie de deslizamiento del combustible entre la descarga de la cañería y la masa de combustible.

**Todo tanque debe de tener un buen venteo de gases a la atmósfera** (en el momento de carga de combustible sale una gran cantidad de gases y aire) pero este venteo de buen diámetro debe estar protegido tanto en su descarga de gases (que no se acumulen en una zona que puedan provocar olores o una mezcla explosiva), además deben ser protegidos de la entrada de “bichos” y del agua.

**También deben tener un desborde,** ya que al cargar combustible o al hacer una maniobra con otro tanque, puede provocar un “derrame” en una zona de peligro o con un ensuciamiento intolerable. **Este desborde debe descargar a un recipiente capaz de contener el derrame** y además que sea posible volver a recuperar ese combustible y ser observable la presencia inmediata del derrame. **Todo tanque debe de tener una receptáculo** (o cajón de hormigón inspeccionable por pérdidas de combustible, o doble pared de recipiente, con un drenaje inferior para saber si hay presencia de combustible o eventualmente para drenar el agua que se introduzca entre el tanque y la caja de hormigón), en donde si el tanque expuesto a una eventual rotura o perforación por el ataque corrosivo del ambiente en que se encuentra, el combustible derramado quede en dicho recipiente (sea recuperable o no para su rehuso o para incinerar) y no contamine la capas de tierra de la zona de la instalación. No olvidar que los tanques vacíos tienden a flotar si se encuentran “enterrados” en zonas con agua : debe

preverse esta situación, tanto como “anclando” el tanque o como vaciando el receptáculo del tanque.

Los tanques están expuestos a corrosiones exteriores provocadas por las condiciones de donde están instalados, la presencia de agua en la arena que rodea a los tanques, aún si el tanque está con una buena capa de pinturas o asfaltos, si hay una pequeña perforación en dichas capas, habrá corrosión por corrientes galvánicas muy importantes (en ese punto). Una forma de anular dichas corrientes galvánicas corrosivas es la instalación de electrodos de aluminio conectados al tanque y enterrados en su periferia.

Como elemento fundamental para el mantenimiento del tanque, es necesario que tenga una **entrada de hombre**, con un buen cierre “estanco” (que evite filtraciones de aguas o derrames). Que tenga una “boca” o conexión de carga adecuada al sistema de transporte (para evitar derrames de combustible) y que dicha **“boca” de carga** esté en un lugar adecuado (que en caso de derrame este se pueda limpiar fácilmente).

Actualmente en los tanques, en la mayoría de los países, se exige la instalación de un doble forro de metal u otro material, de manera que se pueda establecer una primera contención y se pueda “chequear” con un manómetro y una pequeña presión de aire si hay alguna perforación (esta presión es muy pequeña, ya que es riesgoso presurizar un tanque con aire, lo debe hacer una persona entendida y con los medios adecuados).

Como elemento de control del combustible se debe disponer un sistema de medición de la cantidad de combustible restante en el tanque (una varilla graduada con los volúmenes , elemento imprescindible) y puede haber algún sistema de indicación de nivel, el cual indica en forma visual el nivel del combustible, como también puede haber un sistema de alarma por combustible mínimo y/o máximo (para evitar desborde cuando se carga el combustible), estos sistemas pueden ser mecánicos o electrónicos.

Un tanque bien instalado puede durar muchos años, pero debemos

de considerar que hay una gran cantidad de tanques instalados, que por la forma que se hicieron dicha instalaciones y los años, hoy en día es muy probable que tengan pérdidas u entradas de agua cuando el tanque se vacía.

**Es conveniente una vez al año, hacer limpiar los tanques con empresas calificadas, esto evitará muchos dolores de cabeza en la zafra de operación. También será el momento oportuno de limpiar las cañerías de combustible, sus filtros de línea, etc. Haciendo estas operaciones en los períodos de baja temporada (antes de comenzar los fríos).**

Un problema que a veces ocurre cuando se utiliza F.Oíl Pesado y este viene con una densidad mayor a lo normal (la densidad puede variar entre 0,92 y 0,98, pero puede venir algún F.Oíl de cracking más alto que 1 o sea que el agua), que al ser más pesado que el agua, la misma tiende a “flotar” (subiendo sobre el F.Oíl o mezclandose con él en capas), **no dejando “decantar” en el fondo al agua, siendo imposible sacarla en la forma corriente o sea por la purga** (esto se agrava al poner aditivos de combustible). **La forma de salir de este problema pasa por “alivianar” el F.Oíl y para ello debemos de mezclarlo con un combustible más liviano (pero cuidado que no se sea demasiado liviano y después provoque problemas de explosión de hogar).** Por ejemplo: se puede poner un 20% de Diesel Oíl o un 15% de Gas Oíl, se agita lo más que se pueda (con un caño con aire o circulando con una bomba) y luego se deja decantar (a veces ayuda calentarlos un poco y después dejarlos decantar) para poder sacar el agua por abajo.

**Nunca olvidar que en un tanque de combustible no debemos de “tirar” aceites sucios o combustible de lavados de máquinas o simplemente combustibles livianos (kerosene, nafta, aguarrás, etc), ya que se podría formar una mezcla explosiva con dichos combustibles, especialmente al calentarlos para bombearlos o para atomizarlos en un hogar.**

**Tampoco se deben soldar o introducir fuegos abiertos (equipos**

**de autógena o que produzcan chispas) en los tanques con combustible o aquellos que aunque estén vacíos y no han sido desgasificados correctamente** (operación que generalmente se hace con barridos de vapor de agua durante muchas horas o con un detergente y agua caliente, de lo contrario el combustible adherido a las paredes internas del tanque pueden desprender vapores de gases combustibles, especialmente frente a la presencia de calor, lo cual puede formar mezclas explosivas muy peligrosas, que pueden detonar. Recordar que las mezclas “pobres” -de bajo contenido del gas combustible- son las más peligrosas debido a la alta velocidad de su combustión).

**Antes de entrar a trabajar en un tanque de combustible, se debe de probar su atmósfera con un “explosímetro”.**

Todo quemador tiene un filtro externo a la succión de la bomba (que debe ser limpiado periódicamente, cuidando que no queden pérdidas por donde pueda entrar aire al taparlo), también puede haber filtros: en la bomba del quemador como una protección adicional, en las válvulas de solenoide, en los punteros o toberas, que deben de ser limpiados periódicamente (quizás no tan a menudo como los de succión).

### **OTROS CUIDADOS DEL QUEMADOR**

**Los electrodos de encendido** trabajan a altos voltajes, por lo que llevan aisladores por donde son soportados estos electrodos (varillas de metal), quedando una luz entre las puntas en donde salta la chispa. Si estos aisladores se encuentran sucios (hollín, grasas, sucios de polvo, etc) o rotos, la chispa en vez de “saltar” entre la luz de las puntas, saltará en esa zona y habrá dificultad de encendido.

**Mantenga los electrodos limpios, las aislaciones sanas, la luz de la chispa en la distancia indicada por el fabricante y en la zona adecuada para que combustible pulverizado prenda.**

Entre los cuidados del quemador está la limpieza de la **foto-célula** (su superficie de “observación” o sea el cristal de la misma, se ensucia

con hollín de la combustión) por lo que hay que limpiarla en períodos cortos (por ejemplo: cada semana). La otra será probar que dicha foto-célula funciona (generalmente basta con sacarla del cañón soporte del quemador cuando el mismo está en marcha y taparla con la palma de la mano o un paño oscuro -no debe ver luz- el quemador debe apagarse, si el quemador no se apaga, es evidente que la foto-célula que no está “vigilando” la llama, lo que puede llevar a que se produzca un accidente, especialmente en el momento del arranque).

Los **manómetros** que generalmente puede tener un quemador a combustible líquido, nos permiten observar la presión del combustible a la salida de la bomba de alta presión, pudiendo con ello poder regular la presión de la bomba en forma adecuada para el tipo de combustible y de toberas que se están utilizando . Los combustibles cuanto más pesados a más presión trabajan, por ejemplo: el F.Oíl pesado podrá funcionar entre 22 y 30 Kg/cm<sup>2</sup>, el F.Oíl de calefacción entre 18 y 25 Kg/cm<sup>2</sup>, el Diesel Oíl un poco menos, el Gas Oíl podrá ser entre unos 7 a 15 Kg/cm<sup>2</sup>, estos son valores de orientación, se deberá atenerse a las recomendaciones del fabricante del quemador.

**También puede ser conveniente la presencia de un manovacuómetro** (un manómetro que mide la presión y el vacío) conectado a la succión de la bomba, este nos indicaría las condiciones de la succión : es decir si hay entradas de aire habrá menos “vacío” -presión por debajo de la presión atmosférica- o sea “0”, cero indicará el manovacuómetro cuando la entrada de aire es total), también podrá indicar oscilaciones en esta condición, o si el vacío es muy alto puede que la línea esté tapada (o filtro sucio) o cerrada la salida del tanque por error.

Cuando los **manómetros** estén sometidos a **vibraciones de la presión**, deben ser manómetros adecuados para su uso (sus cajas, en donde está el mecanismo de engranajes y agujas, vienen llenas de glicerina o vaselina líquida) o también se puede instalar un amortiguador hidráulico (un pequeño cilindro que tiene aire que se comprime en su interior al levantar la presión y el manómetro se

conecta por medio de un pequeño orificio al cilindro y a su vez este cilindro se conecta también por un pequeño orificio a la cañería, de manera que la fluctuaciones rápidas del combustible se amortiguan en cada pasada de orificio). Cuando las **vibraciones son mecánicas**, los manómetros se conectan por medio de caños de acero (o cobre reforzado), el peligro de este tipo de instalación es que si “revienta” un caño por la vibración, la pérdida de combustible puede provocar un incendio o quemar con el combustible a alguna persona (para evitar esto, instale los caños dejando “bucles” generosos que absorban las vibraciones y la conexión del caño flexible al caño rígido o cuerpo del quemador sea a través de un orificio pequeño ( Ø 1 mm ) de manera que si se rompe el caño flexible la pérdida es pequeña).

Los **termómetros** en los quemadores son fundamentales cuando se quema F.Oíl Pesado y Calefacción, ya que nos permite controlar la temperatura del combustible en el calentador de combustible, lo cual es fundamental para lograr una buena atomización. Estos termómetros (de dial, generalmente de tipo bimetálico, electrónicos con termoresistencia o pares metálicos, de mercurio, etc.) deben tener un buen contacto mecánico entre el “bulbo” o sensor (cápsula donde está el líquido interno del termómetro o el sensor y es la que recibe el calor que permite indicar al termómetro) y el lugar donde está confinado el combustible, generalmente una “vaina” de metal (como un caño de diámetro un poco mayor que el “bulbo”, dado que este caño es de mayor diámetro que el bulbo, para que haya un buen contacto es conveniente que se llene de aceite si es posible o se envuelva en “papel de aluminio”, que es buen conductor del calor y actúa como un “puente térmico”). **Tengase mucho cuidado de no intentar sacar la vaina del termómetro cuando hay presión de combustible, ya que el combustible podrá estar a presión y con calor, provocando un accidente o incendio** (generalmente el bulbo del termómetro se puede sacar, pero si hay una rosca tenga cuidado).

**Los termómetros de chimenea**, además de indicarnos la temperatura de salida de gases de chimenea (la cual si sube es debido

por lo general a que las superficies de intercambio de la caldera están sucias de hollín, que es muy aislante, no dejando transmitir el calor y perdiéndose el mismo en la chimenea). Este termómetro **muchas veces indican problemas en el quemador** : como ser si se ha puesto una tobera sobre-dimensionada, habrá exceso de combustión que hará subir la temperatura, si hay mala combustión podrá subir o bajar inexplicablemente, lo que amedita una inspección al sistema.

**Tanto los manómetros como los termómetros deben ser controlados cada tanto tiempo, ya que pueden estar indicando con error y esto puede llevar a trabajar con valores totalmente anormales (que pueden producir gravísimos accidentes) .**

Por ejemplo: un quemador que se le ajusta la presión de atomización está con su manómetro indicando un 50% de menos el valor real, si ajustamos la presión a 25 kg/cm<sup>2</sup> en la bomba, puede que en la realidad esté en 50 Kg/cm<sup>2</sup>, esto puede hacer que “reviente” el tanque de calefacción del combustible, una cañería, salte un tapón, etc. con consecuencias catastróficas.

Los quemadores de atomización mecánica tienen entre los elementos componentes del quemador: a el “**cañón**” (tubo en que por su interior circula el **aire primario y secundario**, en su centro están dispuesta la cañerías de alimentación y retorno a las **toberas de atomización**, que se encuentran en el extremo más interno, hacia el hogar) y la “**pantalla**” (diafragma, “para-llama”, etc., cuya función es establecer la llama en una zona del hogar, dividiendo el aire en dos zonas, el **aire primario** en donde descargan las toberas de atomización y se produce la combustión más visible o sea la mezcla “primaria” del combustible y el aire -como si la llama se anclase a la “pantalla”- y el **aire secundario**, en donde se complementa la combustión total, quedando un sobrante de aire necesario que se llama “exceso de aire”). Tanto el “cañón” como la “pantalla”, están expuestos a altas temperatura, por lo que tienden a “quemarse” (por lo general son de materiales de hierro para altas temperaturas o inoxidable), ambos serán cuidadosamente ajustados relativamente al hogar y así mismos y

a su vez ambos respecto a las toberas de atomización, estos ajustes son delicados y no deben cambiarse sin razón, ya que la forma de la llama influirá en el resultado de la combustión, siendo necesario su ajuste de acuerdo al manual del quemador y a ajustes de campo, cuando se chequea la combustión . **Ambos deben inspeccionarse periódicamente para ver su estado físico, ya que si faltan partes o están distorsionados, el resultado será una mala combustión. Cada quemador tiene su diseño específico de estos elementos y hay que respetarlos.**

**Generalmente en la pantalla, el cañón o zonas próximas se pueden formar escorias (cuerpos de carbón en forma de “hongos o piedras”), que distorsionan la llama, reflejan el calor hacia el cañón y la pantalla (pudiéndolos quemar), etc.. Estos cuerpos de escorias son anormales y deben ser extraídos cada vez que se forman (tratando de arreglar el problema para que no se formen), vigilando cada tantas horas el interior del hogar por medio de las mirillas de observación y cada vez que se abra el quemador para limpiar las toberas, de lo contrario corremos el riesgo de tener mayores problemas.**

**¡Pero, cuidado, cada vez que arranque el quemador, póngase de costado al mismo, ya que si hay una explosión de hogar, la “patada” que pega la combustión violenta, puede retirar el quemador hacia atrás si está mal “anclado” o puede “volar” una tapa del quemador en forma violenta!**

**No nos olvidemos del ventilador o forzador de aire.** En los quemadores de combustibles líquidos de calderas de calefacción, dado su tamaño pequeño a mediano, los forzadores de aire están integrados al quemador como un ventilador centrífugo que tiene un “caracol” que descarga en el tubo o cañón del quemador. El mismo motor tiene la función de mover este ventilador y la bomba de alta de combustible (hay bomba de baja de combustible cuando hay un anillo de alimentación de combustible que toma del tanque de combustible y

alimenta la bomba del quemador, en lugar de que la misma tome directamente del tanque de combustible). Dado que un quemador no puede funcionar sin aire (si inyecta el combustible sin aire se produce una inundación de combustible en el hogar con gran humareda), en algunos quemadores hay un sensor de la presión de aire para habilitar al quemador que continúe el encendido con el combustible o el piloto. En los quemadores a gas es **imprescindible que exista este sensor de presión de aire, ya que si se inyecta gas y no hay aire de barrido y combustión, habrá casi seguro una explosión de hogar.**

Este **ventilador centrífugo** tiende a juntar “mugre” del ambiente, que se deposita sobre sus paletas y hace que el mismo pierda capacidad de “empujar” todo el aire necesario y a vibrar, por lo que es conveniente limpiarlos una vez al año, o cuando se noten vibraciones o por rutina. En el caso que limpiando, las vibraciones no se vayan, será conveniente hacerlo balancear (el ventilador al girar a rápidas revoluciones debe estar balanceado como la rueda de un auto, de lo contrario puede vibrar e irá destruyéndose así mismo). Si el ventilador está balanceado, su rulemanes son nuevos, etc. y sigue vibrando, se debe “desconfiar” de un problema eléctrico, como ser el corte de unas de las barras de la “jaula de ardilla”.

**El quemador debe ir “anclado” o “fijado”** en la caldera o sobre una plataforma o “base” (metal , hormigón ), de manera que quede firmemente es su base, ya que el quemador tiene una posición fija del “cañón” respecto al hogar y además se corre el riesgo que en una contra-explosión, el quemador puede ser expulsado hacia fuera, quedando aún prendido o prenderse nuevamente en el reciclo y **producir un incendio de graves proporciones.** (si el quemador fuera necesario montarlo sobre una base móvil, la misma deberá tener pasadores de fijación que eviten su desplazamiento).

**Cada vez que se trabaje sobre el quemador, intentando una reparación o ajuste, es conveniente desconectarlo eléctricamente**

(especialmente si lo sacamos de su posición de funcionamiento, ya que puede entrar en un ciclo de funcionamiento con el cañón fuera del

hogar y provocar un accidente).

Las **válvulas de solenoides**, son las válvulas encargadas de dejar pasar el combustible o cerrar su pasaje. Pueden ser **normal abierta** (sin corriente están abiertas y cierran al recibir corriente) o **normal cerradas** (sin corriente están cerradas y al recibir corriente recién abren). Su funcionamiento se produce con una **solenoid** (un arrollamiento de alambre eléctrico en un núcleo de hierro) por la que al circular corriente produce el efecto de un imán que “tira” de un núcleo o masa de hierro, esto tiene la acción de abrir o cerrar directamente una válvula por donde pasa el combustible (acción directa) o actuar sobre una pequeña válvula piloto que usando la misma presión del combustible hace funcionar una válvula a diafragma o pistón (estas **válvulas piloteadas** actúan por medio de un diafragma o pistón, utilizando la misma presión del combustible, se utilizan cuando se necesitan asientos de mayor tamaño y la fuerza del “imán” no sería suficiente). Para saber si una válvula está energizada, pruebe con un piloto las conexiones de entrada a la solenoide, pero puede estar cortado el “alambre”, entonces también se pueden “chequear” en algunos casos : o sintiendo el “ruido metálico” al accionar el núcleo de la solenoide o al aproximar un destornillador de hierro a la solenoide sin “capucha”, buscar la presencia de un campo magnético que “tire” del destornillador de hierro. Estas solenoides (válvulas) trabajan a altas temperaturas cuando son utilizados en los combustibles pesados (a veces hasta 145°C) , además la bobina o solenoide al pasar corriente genera calor (como en cualquier motor eléctrico), la suma de estas dos fuentes de calor hace que la bobina eléctrica trabaje a muy alta temperatura, lo cual se hace necesario que tanto el material de la válvulas (asientos) y la solenoide (son de alambre de cobre con esmalte para alta temperatura) sean adecuados para la función. Se debe de tener cuidado que las válvulas tengan sus capuchones de metal puestos (los “capuchones” metálicos también entran en el circuito magnético) y su ventilación sean adecuadas (no tapadas con estopas u otros elementos que impidan su refrigeración) y puedan calentarse más

allá de lo que puedan soportar. Además de ser **válvulas solenoides para alta temperatura**, deben soportar grandes presiones y el ataque de los combustibles calientes, **por lo tanto : son válvulas de solenoide especiales para quemadores que no deben ser sustituidas por válvulas comunes**. Es conveniente disponer de alguna solenoide de repuesto.

## **AJUSTE DE LA COMBUSTION**

### **Quemadores de atomización mecánica:**

Lo primero en un quemador, es de suponer que es el **quemador adecuado para el tipo de caldera y combustible**. Que la capacidad máxima de combustible inyectado esté dentro de la capacidad máxima que puede absorber la caldera (de lo contrario la misma puede recalentarse y tener problemas con los mandrilados y/o soldaduras y la estructura, además aumentar la pérdida de Eficiencia o sea la temperatura de los gases de chimenea forzosamente aumentarán y se irá calor por la misma sin aprovechar).

**La otra pregunta será si las toberas** (punteros, atomizadores, etc. nombrados de diferentes maneras) **son las adecuadas**: lo que define a una tobera es **su capacidad** de inyectar combustible por hora a una determinada presión y temperatura (para un determinado combustible, ya que la viscosidad varía con la temperatura y el tipo de combustible). Las toberas, por lo general, tienen marcadas su **capacidad** en forma "standard" en galones americanos por hora (U.S.G./h, 1 U.S.G.= 3,78 Ltrs.) que surge de una prueba con Gas-Oíl a 100 lb/# o sea libras por pulgada cuadrada (unos 7 Kg/cm<sup>2</sup>). La capacidad aumenta con la raíz cuadrada de la presión (si la presión se va al doble, el caudal aumenta 1,42 veces) y que también aumenta al aumentar la viscosidad y densidad del combustible. Además viene definido el tipo de **forma del "cono" de atomización indicada por medio de letras** (si forma un cono "sólido", hueco, como una rosca, etc, por ejemplo : **S** indica cono sólido, **SS** cono semi sólido, **N** tipo rosquilla de panadería, etc.) para lograr una forma de llama junto con el aire que entra lo más adecuado

al tipo de hogar. El otro dato fundamental en **el ángulo del cono de atomización** de manera de adaptarse al tipo de hogar (un combustible pesado necesita ángulos más abiertos que un combustible liviano), se indican como **30°, 45°, 60°, 90°** , etc. (grados).- Además puede venir indicado el **propósito de la tobera**, si es para un **combustible pesado** como el F.Oíl (indicado por la letra **H.O.** , o sea **Heavy Oíl** en inglés o aceite pesado en español), este tipo de toberas viene probada una por una y además trae indicado la presión de trabajo en libras por pulgada cuadrada (ejemplo: **H.O. 420 ó H.O. 250 lb/#**). Estas toberas H.O. son confeccionadas con materiales más duros (cámara y puntero) para evitar el mayor desgaste de presión de trabajo más alta y el tipo de combustible más abrasivo. Estas toberas deben utilizarse a la presión indicada, de lo contrario su atomización será mala. Las toberas comunes, que no indican las letras H.O. son también utilizadas en F.Oíl pesado y calefacción, como no se prueban una por una y se trabajan a menos presión, su resultado a veces no es tan satisfactorios como las toberas **H.O.**, pero a veces un quemador si no tiene las toberas **H.O.** no funciona correctamente.

**Como vemos, las toberas son parte esencial de un quemador y deben ser limpiadas periódicamente, cambiándolas cada tantas horas de uso, por su desgaste interno, pero teniendo sumo cuidado de poner las toberas adecuadas en sustitución** (es conveniente disponer un juego de toberas de repuesto).

Una vez de tener la toberas adecuadas, debemos ajustar la **presión del combustible** y su **temperatura de atomización** . La **presión** se ajusta por lo general sobre un vástago con tapa que se encuentra sobre la bomba de combustible y debe ser ajustada de acuerdo tipo de combustible y tobera. La **temperatura** será muy importante para lograr una atomización del combustible lo más fina y dispersa posible (el F.Oíl pesado en unos 130° -145°C, bajando al F.Oíl calefacción a 110° -120°C, en los combustible livianos por lo general no es necesario su calefacción en un clima como el de Uruguay). El ajuste de la temperatura se hace por lo general sobre el **termostato** de operación

del contactor de las resistencias de calefacción, controlando luego con un termómetro fijo o externo, ya que la graduaciones de los termostatos no son muy precisos y no se debe confiar en las graduaciones o marcas que tienen los mismos como guía.

Luego debemos tener la certeza que el cañón y la pantalla del quemador estén ubicadas en el lugar indicado por el fabricante en su manual de operación.

**Una vez que mecánicamente el quemador está ajustado, se deberá ajustar la relación del aire al combustible.** Para ello es conveniente disponer de un instrumento capaz de medir el CO<sub>2</sub> ó el O<sub>2</sub>, también se podría complementar con un medidor de gases sin quemar (o CO) , además es conveniente disponer un termómetro de gases de chimenea.

Como sabemos, los **combustibles están compuestos** en su base fundamental por **carbono e hidrógeno**, por lo que cada combustible, al “quemar” totalmente con el aire de la atmósfera (cuyo tenor de O<sub>2</sub> es del 21% en volumen) dará una composición en los gases de chimenea cuya relación en % por volumen (gas seco, es decir supuestamente condensada el agua formada en la combustión , el agua del combustible y del aire), si consideramos el **CO<sub>2</sub>** (anhídrido carbónico) **habrá un máximo para cuando el aire sea el mínimo necesario** (con el aire mínimo, corresponde el % de CO<sub>2</sub> más alto para ese combustible, por ejemplo el CO<sub>2</sub> máximo para el F.Oíl pesado es aproximadamente 16%, si medimos un valor menor significa que hay un exceso de aire o sea más aire que el necesario), quiere decir que si medimos un % menor al máximo, podremos calcular % de exceso de aire (por medio de gráficas o cálculos).

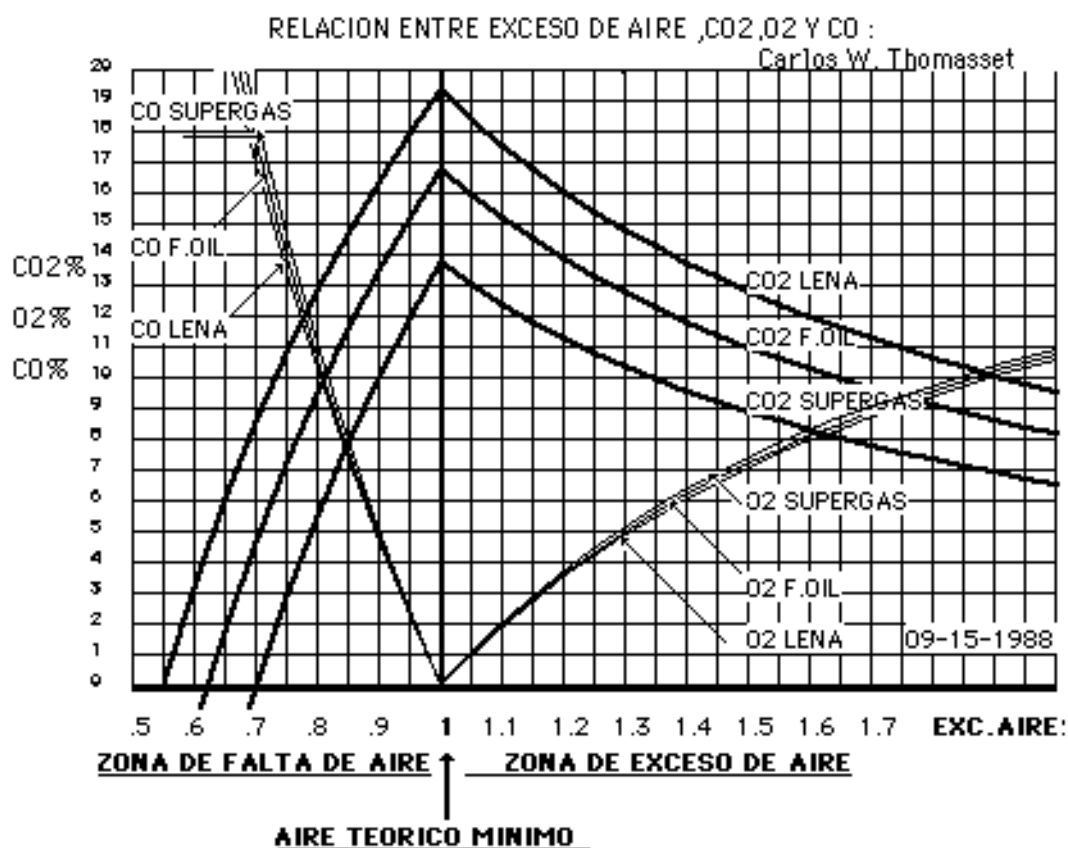
De la misma manera, si la combustión es total, si medimos el **O<sub>2</sub>** (oxígeno) en los gases de chimenea y este dé 0%, significa que no sobra aire o falta, estamos usando el aire mínimo necesario o falta aire, quiere decir que si medimos un % de O<sub>2</sub> en la chimenea cuanto más alto sea este %, mayor será el aire sobrante o exceso de aire (también en este caso usando gráficos o cálculos podremos saber cuanto es el

exceso de aire). La medida del O<sub>2</sub> para calcular el exceso del aire tienen la ventaja de prácticamente en casi todos los combustibles cualquiera sea esta su composición, para mismos valores de O<sub>2</sub>, el exceso de aire será prácticamente el mismo, no así con el CO<sub>2</sub>, cuyo valor varía para cada combustible.

Como se puede ver en la siguiente gráfica teórica, las curvas de oxígeno prácticamente se superponen, no así las curvas de CO<sub>2</sub>, pero veremos que sucede si medimos O<sub>2</sub> en la práctica.

**COMBUSTION DEL F.OIL, LENA Y SUPERGAS:**

**MEDIDAS TEORICAS EN CHIMENEA**



Los instrumentos basados en la medición del O<sub>2</sub> son muy utilizados, pero la mayoría de los portátiles tienen el inconveniente de que funcionan con celdas electro-químicas que tienden a consumirse aunque no se usen, por lo que son imprácticos, ya que las celdas

cuestan bastante (son importadas) y no se pueden guardar por mucho tiempo (las mismas continúan “trabajando” aunque el instrumento no se use, por lo cual se agotan). **La medición por absorción del O<sub>2</sub> por medio químico** (Firyte) en forma directa, tiene el mismo inconveniente, las pequeñas entradas de oxígeno atmosférico cuando el equipo está sin usar, consumen al líquido de absorción. **El ORSAT que funciona por absorción de los 3 elementos básicos CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y CO tiene la ventaja que los líquidos de absorción son más fáciles de obtener y cargar**, el problema es que el ORSAT no es muy práctico para su utilización, es un aparato complicado de transportar y un poco “delicado” de operar, pero es muy buen equipo para quien lo sepa usar). Los otros equipos de control del **O<sub>2</sub>**, basados en la “combustión” del O<sub>2</sub> con los gases sin quemar y luego medido el **exceso de O<sub>2</sub> en una celda de circonio (Zr**, un elemento que a alta temperatura en contacto con los gases de la chimenea, genera una señal eléctrica proporcional al exceso de O<sub>2</sub>) tiene el inconveniente de que generalmente no es portátil y se debe ser instalado fijo debido a su equipamiento más pesado. El valor del O<sub>2</sub> que indica este tipo de aparato, es el del oxígeno residual, es decir el exceso de oxígeno neto y no el oxígeno libre al salir de la caldera, considerando al % como relación húmeda, el cual teniendo en cuenta estas consideraciones es muy buen equipo.

**A veces puede pasar que el valor del CO<sub>2</sub> sea menor que el máximo o el valor del O<sub>2</sub> sea indicando un exceso de aire** (cuando se mide con equipos que miden el oxígeno libre en los gases, lo que no sucede en los que utilizan celdas de circonio), pero esto puede que no sea realmente así, ya que puede haber una mala combustión y sobre O<sub>2</sub> que no se ha utilizado o se indica un valor bajo de CO<sub>2</sub> como si hubiera ese exceso de aire. **En este caso para saber si hay mala combustión**, en los combustibles líquidos se podrá comprobar por el color de la llama y la presencia de humos, pero en otros combustibles será necesario medir la presencia de gases no quemados (como el CO).

Ver gráficos de curvas de combustible.

**Por supuesto que a falta de instrumentos, en los combustible**

**líquidos, podremos usar la observación de la llama y los humos de chimenea.**

Como sabemos, el combustible necesita un “aire mínimo” para su combustión total, pero para lograrlo se hace necesario tener un “exceso de aire”, pero este exceso no debe ser más de lo necesario, ya que al ser aire calentado y expulsado por la chimenea, nos está “robando” calor y baja la Eficiencia de la caldera.

El valor normal del CO<sub>2</sub> para los combustibles líquidos en las calderas de calefacción son aceptables los valores entre 10% a 12 % CO<sub>2</sub>. En estas condiciones si hay buena combustión (mezcla correcta del aire y el combustible bien atomizado, temperatura de llama adecuada y tiempo para su realización) tendremos una **llama color naranja de forma regular y los humos de chimenea apenas perceptibles como un color caramelo, el exceso de aire en estas condiciones sería del orden del 30% al 20%** (hoy en día se trata de bajar estos exceso para aumentar la eficiencias mejorando los quemadores y los hogares). Si el CO<sub>2</sub> tuviera valores mayores, se puede entrar en una zona de falta de aire (aunque puede haber exceso de aire pero mala combustión), en esta caso veríamos la llama oscurecerse, de un rojo cada vez más oscuro cuanto menor sea la cantidad de aire, aparecerán humos negros en la chimenea (en las calderas de calefacción es muy difícil ver los humos de chimenea porque están saliendo en la parte alta de los edificios, aunque se pueden instalar visores de humos en las chimeneas a la salida de la caldera: un visor entre dos tubos con uno de ellos con una fuerte luz y el otro transparente con un vidrio templado o mica, por entre ambos pasa el gas y se oscurece de acuerdo a los humos producidos).

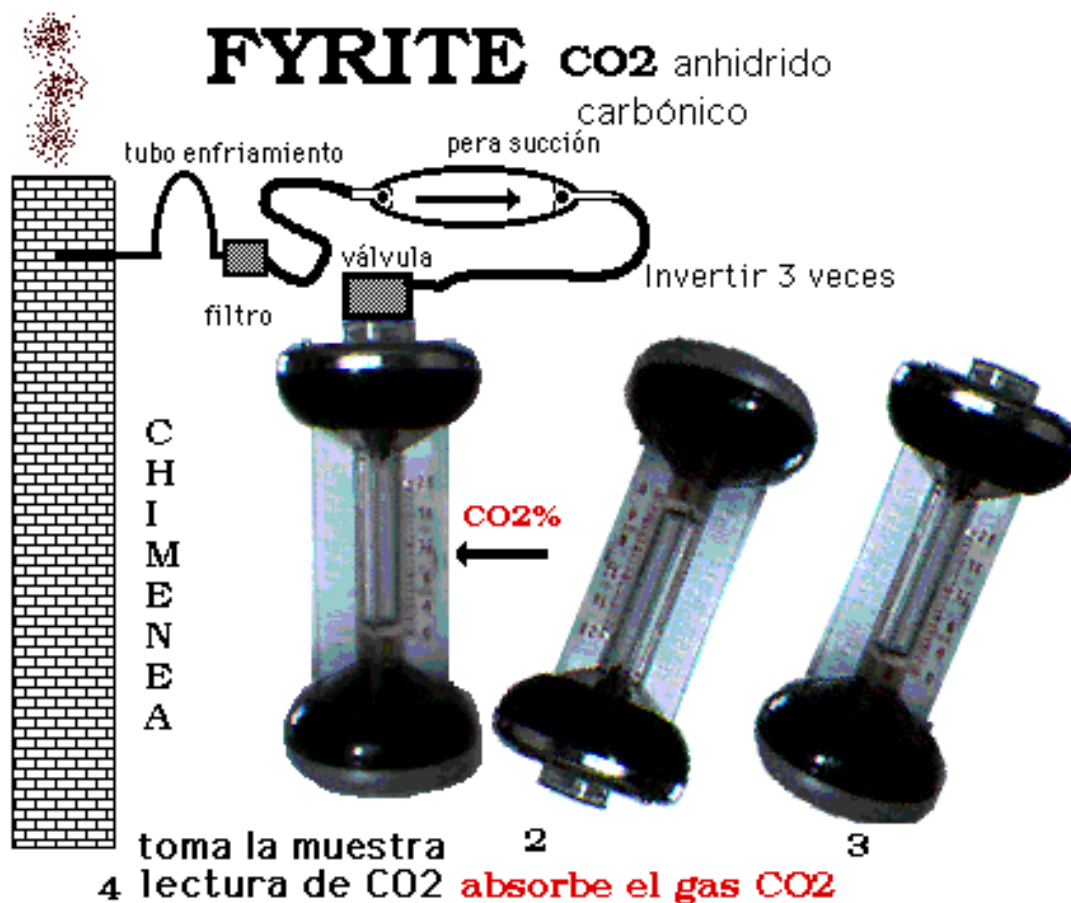
Si el CO<sub>2</sub> diera un valor más bajo que los indicados , por ejemplo 8 % de CO<sub>2</sub>, la llama tiende a ser corta y brillante (un color amarillento y cuanto más aire, más fulgurante, que encandila), los humos de chimenea no son perceptibles, salvo que el exceso sean tan grande que las gotitas de combustible frías sin quemar forman una niebla de humos blancos.

**Cuanto más exceso de aire, mayor será la pérdida por exceso de aire, habiendo un consumo mayor de combustible, pero cuando falta aire, esta pérdida puede ser aún mayor, ya que no sólo salen por la chimenea gases sin quemar (combustible a medio quemar como CO y otros), sino que las superficies internas de la caldera se cubren de hollín que impiden una buena transmisión del calor de la zona de combustión y gases calientes al agua, saliendo por la chimenea los gases de combustión más calientes, lo cual suma una pérdida adicional a la importante pérdida de gases sin quemar (y a medida que pasan las horas la acumulación de hollín va empeorando la transferencia de calor, lo que obliga a permanentes cepillados de los tubos de las calderas humo-tubulares). En algunos casos esta situación es tan grave, que los tubos inferiores llegan a “taparse” de hollín y combustible sin quemar, tipo alquitranes (siendo estos tubos muy difíciles de destapar).**

**Para la medida del exceso del aire basándonos en la medida del CO<sub>2</sub>** (anhídrido carbónico) hay instrumentos simples, que trabajan por “absorción” química del CO<sub>2</sub> en los gases (por ejemplo : el FYRITE es un instrumento muy simple, para usarlo se toma una muestra de gas de chimenea, succionando a través de un tubo enfriador de cobre y un filtro de “lana”, por medio de una “pera” con válvulas de succión y descarga, introduciendo el gas frío y filtrado a una cámara de medición del aparato, luego esta cámara se cierra y el gas confinado se hace entrar en contacto con una solución química que lo absorbe por combinación con el CO<sub>2</sub>, esto genera una “depresión” que se mide en comparación con la presión atmosférica en una columna hidráulica que está graduada en % de CO<sub>2</sub>. Hay otros equipos similares (el ORSAT, el MONO, etc.). Ver ejemplo en la figura adjunta.

Hay otros equipos de medición del tipo electrónico, cuyo uso si bien es relativamente sencillo, tienen el inconveniente de ser costosos y deben ser calibrados frecuentemente. Hay equipos cuyas celdas de

medición son basadas en la medición del oxígeno -O<sub>2</sub>- ( y establecen su relación con el CO<sub>2</sub> en cada tipo de combustible), estas celdas se agotan con el tiempo (se usen o no). El Fyrite para oxígeno también puede ser una opción.



Una vez que se ha logrado establecer un exceso de aire normal para un combustible líquido (entre un 15% a un 30% máximo de exceso de aire), debemos de medir (no solo observar los humos) si la formación de hollín (**micro-hollín**) está entre los valores máximos admisibles. Para ello se utiliza una “bomba de hollín” (BACHARACH), es decir que se “succiona” por medio de una bomba (como un inflador invertido) y un volumen de gas (1,8 Ltrs) se pasa por un orificio que tiene un diámetro establecido (Ø1/4”), que tiene un **papel filtro** (papel poroso que retiene

el micro-hollín), en dicho papel filtro queda el micro-hollín que portaba el volumen de gas pasado, dejando una mancha que es más oscura o más clara de acuerdo a la cantidad de hollín que produce la combustión. Estas manchas se comparan con una “carta de comparación” de manchas preestablecidas por normas (BACHARACH) que están numeradas a Nº0 a Nº10 , cuanto más hollín más alto el Nº.

En el F.Oíl pesado el Nº de hollín máximo admisible es el Nº3, en F.Oíl calefacción el máximo aceptable es el Nº2, en Diesel Oíl el Nº 1 a Nº 2 y Gas Oíl el Nº1.

Ver croquis.

Hay un hollín que no es observable con la bomba de hollín, ya que este hollín no es el micro-hollín de la mala combustión, sino que corresponde a un hollín producido por el contacto del combustible atomizado con una superficie fría, lo que “apaga” la combustión, quedando un residual de carbono tipo hollín. Esto ocurre especialmente en algunos combustibles pesados (residuales de “cracking”), dando un hollín que se “aglomera” y es expulsado por la chimenea, creando un gran problema de contaminación física en el “vecindario”. Esto lleva a buscar la causa del enfriamiento de la llama : la misma “pega” en el tubo del hogar, la llama es larga y se apaga al entrar en los tubos del 2º pase, falta de refractarios para mantener la temperatura, etc.. En muchos casos no será suficiente solucionar el problema del enfriamiento de la llama, sino que habrá que disponer de muy buenos “deshollinadores” o cambiar el tipo de combustible.



## **FALLAS MAS COMUNES EN LOS QUEMADORES DE COMBUSTIBLES LIQUIDOS**

Las fallas más comunes son provocadas por problemas : **a- de la instalación, b-de la calidad de los combustibles, c- de la falta de mantenimiento, d- problemas de ajuste o afinación.**

### **a- fallas de las instalaciones**

La falla más común aparece por la instalación de las cañerías de combustible: **1- Falta de diámetro o aislación en las cañerías** (en los combustibles pesados y semipesados -F.Oíl pesado y calefacción- cuya viscosidad es alta, cuesta succionar, especialmente el combustible

frío, por lo cual la temperatura del mismo debe ser considerada, poniendo aislación en la cañería de succión y retorno. También se debe considerar la instalación de calentadores en el tanque de combustible, así como la posibilidad de poner “trazadores” o calentadores de línea, o sea una resistencia eléctrica que calienta todo el caño u otro caño que conduzca junto a la cañería y por dentro de la aislación un fluido caliente, que puede ser agua caliente o vapor. **2- El trazado inadecuado de las cañerías** : codos y caídas que no permiten correctamente el desalojo del aire, quedando bolsones de aire que perjudican la succión de la bomba de combustible. **3- Válvulas inadecuadas** : válvulas de paso restringido que no dejan pasar el combustible generando una pérdida de carga o la entrada de aire por las “empaquetaduras” de los vástagos. **4- Succión o toma del combustible demasiado baja** : toma los “barros” y el agua que decanta en el tanque, cuando debería dejarse una altura del fondo del tanque adecuada para el “asentamiento” y luego poder purgar dichos barros y agua por una purga de fondo. **5- No adecuada posibilidad de purgar el tanque** : tanques sin la caída adecuada y sin purga de fondo en dicha zona. **6-Filtros de línea de combustible inadecuados** : con mallas demasiados “finas” o canastos muy “pequeños”, que dificultan el pasaje de los combustible, creando una “pérdida de carga”. **7- Punto de des-areado y “cebado” inadecuado** : el aire sale por el punto más alto de la línea de combustible y el punto de cebado debe estar también en dicho punto, pero si por la misma cañería debe salir el aire, su diámetro debe ser lo suficientemente grande para que el combustible baje y el aire suba -más de 1” de diámetro-), **8- Cañerías sin caídas en el sentido del flujo** : el aire debe salir en contracorriente del fluido buscando la parte más alta, que será en algunos casos la salida de la toma del tanque, en otros sobre el filtro de succión, dependerá la posición relativa del tanque y la bomba de combustible- y los “barros” del combustible deben bajar hacia el filtro de línea, no decantando en las cañerías. **9- Válvula de retención inadecuada** : asientos que se “atacan” con el combustible y no sellan correctamente). **10- Tomas de**

**succión no desarmables** (impiden la limpieza periódica del filtro de succión).

**b- Fallas debido a la calidad del combustible.**

Siempre se debe usar el combustible adecuado al tipo de caldera y quemador, suponiendo que el quemador funcionaba correctamente con un determinado tipo de combustible y se presentan problemas (generalmente en F.Oíl pesado y calefacción) se debe a : **1- Combustible con agua** : se nota en la llama, si el quemador funciona con llamas que tienen “chispas” o “estrellitas luminosas” y “ruidos de crepitar”, la llama es inestable y el quemador tiende a apagarse, es casi seguro que el combustible tiene más agua que lo que puede tolerar - aprox. 1 % es el máximo. Este exceso de agua se puede verificar sacando una muestra del combustible en la succión del quemador , si es posible, y poniéndolo en un botella transparente, dejarlo decantar 24 horas, luego ver si hay agua en la parte baja de la botella. Siendo combustible pesado -F.Oíl pesado- puede que su densidad sea muy alta : 1 Kg/dm<sup>3</sup> o Ltr. o más, en este caso el agua no “baja” , es decir no se separa fácilmente del combustible. En este caso la comprobación es más difícil : o es necesario un análisis de laboratorio por una suministradora de combustible o se podría hacer una prueba “casera”, que consiste, tomando precaución de no quemarse, de poner el F.Oíl pesado en un recipiente abierto, un tarro de 1 ltr. abierto, lleno hasta la mitad, sumergimos la **punta de un soldador eléctrico** ya caliente y **si hay agua**: no solamente salen humos de combustible vaporizados - cuidado con que no tome fuego- sino que **se producen “salpicaduras”** como cuando cae agua en el aceite caliente de una sartén. ¿ **Que podemos hacer para remediar esta última situación ?** : poner un % combustible más liviano (Gas-oíl, Diesel Oíl, F.Oíl calefacción), mezclar y dejar decantar, sacar el agua decantada.

**2- Los combustibles más livianos pueden venir contaminados con combustible más pesados** : cuando las calderas queman combustibles livianos, tienen quemadores solamente aptos para ellos,

si el combustible se contamina con pesados, esto produce problemas de ignición y fundamentalmente hollín y humos. Si descartamos la mala fe del suministro o un error en la carga o el pedido, lo que puede suceder es que en los tanques en que fueron trasladados estos combustibles, anteriormente fue traslado un combustible más pesado y quedaron restos de los mismos . **¿Que podemos hacer para remediar estas situación ? : cambiar el combustible, aveces aditivar dicha carga de combustible o poner un % de un combustible más liviano.**

**3- Se debe tener mucho cuidado cuando por error se ponen combustibles más livianos que los que quemaba la instalación, esto puede provocar un accidente.** Es conveniente retirar el combustible o a veces, modificando las condiciones operativas del quemador y bajo vigilancia, tratar de quemarlo hasta que se pueda ir mezclando con el combustible correcto (esto lo debe hacer un operador calificado !!!!!).

**4- A veces en los combustibles hay presencia de barros o “arenas” :** los combustibles, especialmente los derivados del F.Oíl, tienden a “degradarse” por el oxígeno del aire, el agua, las condiciones químicas y microorganismos, dando como resultado la formación de barros, especialmente si el combustible a quedado depositado durante mucho tiempo, entre temporadas. A veces la aditivación antes de dejar el combustible estacionado, si el aditivo es adecuado, permite su conservación. **La solución a este problema no es fácil, muchas veces será mejor retirar el combustible y limpiar el tanque y las cañerías** (o trabajosamente se puede ir mezclando con un combustible más liviano y a fuerza de limpieza de filtros, cañerías y purgas, se logra quemar el combustible).

#### **c-Problemas por falta de mantenimiento:**

Estas fallas de los quemadores son las más comunes:

**1- Falta de limpieza de las escorias que puedan formar los quemadores sobre el “parallama” y “boca de refractario”,** escoria que se forma por una mala atomización (esto provoca que la propia

atomización toque la escoria y a su vez esto provoque una elevada temperatura que termine “quemando” el cañón) .

**2 -Falta de limpieza de las toberas de atomización en forma periódica:** esto provoca humos con hollín, la posibilidad de formar escorias que a su vez deforman la atomización y pueden provocar el recalentamiento de la boca del cañón y el “parallama”.

**3- Falta de limpieza de filtros internos del quemador:** algunas bombas de engranajes tienen filtros internos en su succión para protegerlas, deben ser limpiadas periódicamente, también algunas toberas de atomización tienen filtros roscados internamente a las toberas o a la salida del calentador.

**4- Falta de limpieza de la foto-célula de detección de llama;** la foto-célula se ensucia fácilmente si está mal instalada o el quemador tiende a formar humos que retroceden al encender, si no se limpia periódicamente se producen problemas en el arranque y eventualmente en la marcha.

**5- Falta de limpieza de aisladores del sistema eléctrico de encendido:** deben limpiarse los aisladores en el interior del quemador en donde van montados los electrodos, estos se ensucian debido a que el alto voltaje atrae las partículas de hollín que flotan en el aire y en el gas de la combustión, cuidando al volver a montarlos de ponerlos en la misma posición y distancia entre puntas. También a veces hay que limpiar los aisladores sobre los transformadores y los cables blindados de alta tensión, cuidando al hacer esto que no vayan a estar energizados, son voltajes muy altos y puede ser peligroso, para hacer esto asegurarse de desconectar eléctricamente el quemador a la corriente .

**6- La limpieza de polvo, humedad y “bichos” :** limpiar todo el sistema de cableado, sea en el interior del propio tablero del quemador o en el exterior, evitará muchas fallas de origen eléctrico, quizás una limpieza una vez al año sea suficiente, es necesario fumigar para matar las “cucarachas” .

**7- Falta de limpieza en los tanques de combustible y servicio:** deben limpiarse una vez al año, esto evitará la presencia de agua de condensación, debido al tanque casi vacío en temporada cálida así como los “barros” que se formarán por descomposición del combustible.

**8- El mantenimiento de los refractarios es fundamental:** el refractario tiene varias funciones, proteger partes del metal de la caldera del exceso de temperatura y dar temperatura a la llama para su completa combustión, dirigir los aires y gases calientes en forma adecuada. Si el refractario está en mal estado, la caldera podrá tener distintos tipos de falla, especialmente en la combustión que podrá ser incompleta, con formación de hollín.

**9- El mantenimiento de la limpieza de la sala de caldera:** no dejando derrames de combustible, materiales combustibles o que provoquen corrosión sobre los materiales. Evitará muchos accidentes y problemas, el no dejar baldes con combustibles, estopas sucias o hacer de la caldera un secadero de ropa.

**10- Falta de cepillado de tubos -limpieza periódica del hollín:** en este caso sube la temperatura de chimenea y las pérdidas económicas por falta de rendimiento son muy notables, la limpieza en combustibles pesados y semipesados se debe hacer en períodos relativamente cortos, ya que las pérdidas en general superarán el costo de la limpieza.

**11- Falta de limpieza en ductos y chimeneas:** mínimo una limpieza anual, ya que la acumulación de hollín en ductos y chimeneas no solamente provocan pérdidas de tiro de la chimenea, también no permiten una combustión adecuada, ya que faltará aire. Puede haber un gran riesgo de “incendio de ductos y chimeneas”, ya que el hollín no es más ni menos que carbono.

**d- Problemas de ajuste o afinación en los quemadores a combustible líquido:**

Los ajustes más necesarios son : **1- Que el encendido del quemador sea suave y no con una contra-explosión:** se debe elegir correctamente la tobera de arranque y regular adecuadamente el exceso

de aire en el arranque, una tobera muy chica tenderá a apagarse, un exceso de aire muy grande tenderá a “soplar” la llama y apagarla, si la tobera es muy grande habrá un encendido brusco.

**2- Que la suma de combustibles de todas las toberas de atomización no sea mayor que la necesaria:** esto se puede observar tanto en la llama que toca el “fondo” de la caldera o en que la temperatura de chimenea es demasiado alta, aún con la caldera limpia de hollín. Esto no solo produce pérdidas, sino que arriesga el material de la caldera a un sobrecalentamiento. Una temperatura aceptable en chimenea puede ser entre 60°C y 100°C superior a la temperatura del agua en el interior de la caldera, esto dependerá del tipo de caldera.

**3- El exceso de aire deberá ser lo más bajo posible:** todo exceso de aire por encima del indicado para el tipo de quemador y caldera significa una pérdida, si no se logra el exceso de aire mínimo. Este exceso de aire puede andar en el orden del 10% hasta un 30%- esto significa en los combustibles líquidos un entorno del CO<sub>2</sub> entre unos 14% a 12%, variando un poco de acuerdo al tipo de combustible. Los que contienen más hidrógeno o sea los livianos tienen un CO<sub>2</sub> más bajo para el mismo exceso- de todas maneras si logramos este exceso de aire, la combustión debe ser completa. Muchas veces se deberá no solamente ajustar el aire, sino que para lograr dicho exceso con combustión completa se deberá ajustar la **forma de llama** - ajustando el cañon y la pantalla, el tipo de tobera y sus características, la temperatura del combustible, la presión, etc..

**4- Que la temperatura de chimenea sea lo más baja posible:** cuanto más baja, mejor será el aprovechamiento del combustible. Esta temperatura depende de la limpieza del hollín de la caldera, pero también de la forma de la llama. Una llama larga generalmente desaprovecha el hogar para transferir y la temperatura sube en la chimenea. A veces la caldera debería llevar “retardadores”, elementos que confieren más velocidad a los gases en el interior de los tubos y además producen una radiación de calor sobre las paredes de los tubos al calentarse, mejorando con esto la transmisión de calor. Estos

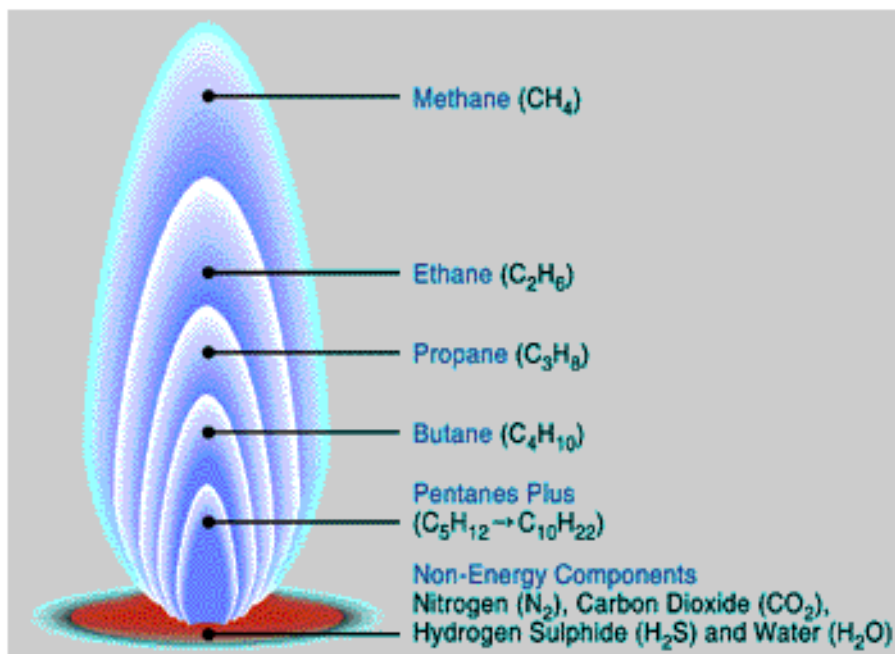
“retardadores” podrán ser del tipo “torbellinos”, del tipo de cadenas de fundición de eslabones largos, de flejes de inoxidable helicoidales, etc.. Muchas veces estos “retardadores” son sacados para la limpieza de los tubos del hollín y no son vueltos a poner, la pérdida de calor por falta de estos elementos en estas calderas puede ser de hasta un 20%.

**5- Válvulas en solenoide en mal estado:** esto trae problemas en el momento del encendido, generalmente quedan “goteando” y producen una acumulación de combustible, que en el momento del reencendido, provocan desde “explosiones de hogar” hasta problemas de humaredas, taponamiento de tubos, etc.

**6- Bombas en mal estado:** las bombas de engranajes tienden a perder su capacidad de bombeo debido al desgaste de sus “dientes”, esto produce que llega un momento en que la presión en el quemador baja por debajo de límites en que la atomización no es adecuada. Una buena atomización se logra con la presión adecuada para cada tipo de combustible y tobera- la caldera no solamente baja su capacidad de producir calor, sino que aparecen problemas de combustión. Es bueno mantener un manómetro en la salida de la bomba.

**7- Problemas en el programador:** este “aparato” electrónico, generalmente, **es el cerebro de las secuencias del quemador**, puede descomponerse, su funcionamiento debe ser perfecto, no intente repararlo o eliminarlo, concurra a un especialista y es casi seguro que lo mejor será poner uno nuevo. Los programadores tienen sus tiempos bien definidos- “barrido, encendido llama piloto, encendido llama principal, recicló, etc”. Lo cual nos dice que tenemos que tener **mucho cuidado de no intercambiar su procedimiento, tiempos o tipo de programador**. Como ser los de combustión a gas tienen “varilla de ionización” en lugar de la “foto-célula” común, el tiempo de barrido es mayor, etc.

## QUEMADORES A GAS



### **Llama libre de Gas Natural**

En los nuevos tiempos que se acercan, la posibilidad de quemar gas natural es una realidad. El beneficio no será solamente económico, ya que ha igualdad de calorías el gas será mas barato, sino que la combustión a gas, si está bien instalada y ajustada, tiene menos problemas de mantenimiento, ya que no habrá que trabajar con combustibles líquidos y el hollín será cosa de la historia. Habrá menos contaminación al producir menos cantidad de CO<sub>2</sub> (anhídrido carbónico, uno de los gases que provocan el “efecto invernadero”), ya que el gas natural contiene más hidrógeno (H) y menos carbono (C). Los óxidos nitrosos (el nitrógeno del aire y del combustible, cuando se oxidan por alta temperatura forman Nox) se producirán en menor cuantía en la combustión y el azufre será supuestamente casi eliminado en los suministros si son adecuados (“ambos provocan la lluvia ácida”).

**PERO CUIDADO !!!! habrá más posibilidades de accidentes en la parte del combustible, si no se hacen las cosas bien.**

Por ejemplo : una pérdida de gas al ambiente de la sala de caldera, podrá entrar en ignición violenta solamente quizás al prender la luz (las salas de calderas deberán ser muy bien ventiladas) o la falta de barrido de un quemador podrá producir una explosión de hogar. La presencia de CO por mala combustión (ya que el ajuste de la combustión no se puede hacer a “ojo”, podrá haber falta de aire o llama fría o sea combustión incompleta) podrá ser un problema, ya que **el CO es un gas incoloro e inodoro**, que es **venoso por acumulación o por exceso en un ambiente**. Solo nos damos cuenta por los síntomas que presenta : dolores de cabeza, vómitos, mareos, etc. que generalmente desaparecen al salir del ambiente contaminado (una sala de caldera o cualquier local que se contamine). Hay detectores electrónicos con alarmas para la detección del monóxido. **Pero el CO (monóxido de carbono) llegado a un valor de concentración y tiempo de exposición, produce la muerte** (hecho que ocurre muy amenudo en los autos en los países que hace frío, que al cerrar la ventanillas de los autos y estos no estar ventilados cuando están parados en grandes concentraciones o “taponamientos de transito”, mantienen el motor prendido para la calefacción, si los caños de escape pierden gas de combustión, rico en CO al estar el motor en baja, y este entra al interior del auto, produce la intoxicación de los ocupantes).

Aquí debemos dividir el problema en 4 partes : **1- la problemática de recibir adecuadamente el gas con todos los elementos de seguridad, 2-el quemador deberá tener todos los requisitos necesarios para la quema de gas natural, 3- la sala de calderas deberá ser adecuada, 4- el quemador debe ser ajustado por instrumentos.**

**1- La problemática de recibir adecuadamente el gas con todos los elementos de seguridad:**

La compañía suministradora de gas natural por cañería (nos referiremos a este fundamentalmente), suministrará un gas lo más

“standard” posible dentro de las condiciones pactadas (es decir, el gas natural varía de suministro en suministro), ya que es una composición de distintos gases en que el carbono **-C-** y el hidrógeno **-H-** se combina de diferentes maneras, formando gases cuya relación carbono a hidrógeno varía y con ello varía su capacidad de reacción con el oxígeno, las calorías que puede dar, la velocidad de combustión , etc.. La forma gaseosa predominante será el **gas metano**, cuya fórmula es CH<sub>4</sub>, contiene mucho hidrógeno en relación al carbono (se llama también “gas de los pantanos” por producirse en la naturaleza por la descomposición de la materia orgánica) . Además es : un gas **incoloro, inodoro, poco soluble en el agua y muy inflamable**, cuyo peso molecular del metano es 16, es decir que tiene una densidad muy inferior al aire, el aire tiene aprox. 27 de peso molecular promedio. El metano supuestamente libre tiende a “subir” en la atmósfera o en una habitación irá subiendo a las partes más altas.

El **gas natural** como no se puede licuar a presiones bajas (como el gas de garrafa formado por gases más pesados) y temperaturas ambientes (hay que bajar su temperatura a valores muy bajos para que las presiones no sean altas en los recipientes. Por esta razón se hace necesario transportarlos por cañerías a altas presiones, el transporte se puede hacer hasta más de 70 Kg/cm<sup>2</sup> y velocidades de 40 Klm/h, para que las cañerías no sean de gran tamaño, por las cuales se bombea con grandes compresores para gas. Una vez llegado al sitio de uso, se le bajará la presión a un valor medio aceptable para el suministro de la red local, bajándose aún más en el lugar de uso definitivo, en donde la presión será por lo general relativamente baja (centímetros de columna de agua : cm.c.a. ó m.c.a. ).

Por lo que al gas natural, luego de su extracción de los pozos, se debe preparar para su utilización, en la cual se sacan los elementos condensables (hidrocarburos que condensan con la presión), el agua y las materias sólidas arrastradas, se baja el contenido de azufre, etc. , dependiendo de su composición.

Por ejemplo, veamos la composición de un gas natural:

**Composición típica de un gas natural (% por volumen) :**

|                                                        |                                |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Metano....CH <sub>4</sub> .....                        | 88,1 %                         |
| Etano.....C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> .....          | 4,90 %                         |
| Propano...C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> .....          | 2,30 %                         |
| Butano....C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> .....         | 0,70 %                         |
| Pentano....C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> .....        | 0,10 %                         |
| N <sub>2</sub> +O <sub>2</sub> .....                   | 1,40 %                         |
| CO <sub>2</sub> .....                                  | 2,60 %                         |
| <b>Poder Calorífico Sup (MJ / m<sup>3</sup>)</b> ..... | <b>39,6 MJ / m<sup>3</sup></b> |
| <b>Densidad relativa (aire=1).....</b>                 | <b>0,643</b>                   |
| <b>Indice Woobe.....</b>                               | <b>49,4</b>                    |

Para que las pérdidas sean detectadas por el olor, en las terminales de distribución le inyectarán una sustancia olorosa (generalmente “mercaptanes”, elementos derivados del azufre con un olor por lo general muy penetrante y desagradable) esto hará que cuando haya alguna pérdida al ambiente se pueda detectar por el olfato. También hay sensores de gas electrónicos, que deben ser instalados en los ambientes en donde se trabaja con cierto volumen de gas y qué por razones de seguridad se debe evitar la acumulación de gas para evitar el riesgo de una explosión. Generalmente estos equipos electrónicos trabajan de varias formas, pero no detectan el olor, sino las propiedades físico-químicas del gas, siendo los más antiguos los “explosímetros”. Estos últimos funcionan en base a la combustión del gas que pudiera haber en el ambiente, haciendolo en el interior de una “celda” con un elemento catalizador, detectando la energía calorífica que dicha proporción de gas pudiera dar al “quemarse” con el oxígeno del propio aire, la cantidad de calor indica su proporción. Los equipos más modernos trabajan sobre otras propiedades del gas.

Los gases “explotan” dentro de cierta proporción con el aire, basta una pequeña chispa eléctrica (como la chispa del interruptor de encendido de una luz o linterna), una chispa mecánica (el golpe de una herramienta de hierro sobre otro hierro o piedra), una chispa de “estática” (provocada por la fricción de dos elementos), o calor (ya que si entra en contacto con temperaturas de más de 600°C entra en combustión).

**Las mezclas cuanto más pobres, son más peligrosas** (la velocidad de la llama es muy alta) y cuanto más ricas de gas, más lentas (la velocidad de la llama es menor), es decir que hay un valor mínimo de gas para mezclarse con el aire para “explotar” y un valor máximo por el cual si estamos con la mezcla por encima de cierta proporción que ya no se produce la ignición.

**Límites de combustión para mezclas de aire-gas**

| <b>Gas</b>         | <b>Baja%</b> |       |
|--------------------|--------------|-------|
| <b>Alta%</b>       |              |       |
| Hidrógeno.....     | 4,0%         | 75,0% |
| Acetileno.....     | 2,5%         | 80,0% |
| Metano.....        | 5,3%         | 14,0% |
| Gas Natural.....   | 5,0%         | 14,0% |
| Gas de ciudad..... | 5,0%         | 37,0% |
| Propano.....       | 2,2%         | 9,5%  |
| TLP.....           | 8,0%         | 36,0% |

Como se ve en la tabla anterior, el metano y el gas natural tienen casi los mismos límites, debido a que el gas natural en su mayor parte esta formado por metano. **Esta tabla indica que los % bajos de pérdida en un ambiente pueden ser muy peligrosos.**

El otro factor que hace que un gas tenga su ventaja en la combustión y sus riesgos, es la temperatura de ignición .

**En el caso del metano y del gas natural, de acuerdo al % de mezcla con aire, la temperatura aproximada de ignición es :**

|                      |     |     |     |     |     |     |
|----------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| % de GAS EN AIRE     | 4%  | 6%  | 8%  | 10% | 12% | 14% |
| Para Metano, °C      | 637 | 635 | 642 | 648 | 659 | 670 |
| Para Gas Natural, °C | 632 | 612 | 611 | 612 | 613 | 617 |

La temperatura de 600°C puede ser de una chispa de estática, una llave de luz al ser accionada o una lámpara incandescente que se rompe, una simple linterna no protegida contra explosión o un simple golpe metálico (hierro, acero, fundición, pero hay herramientas

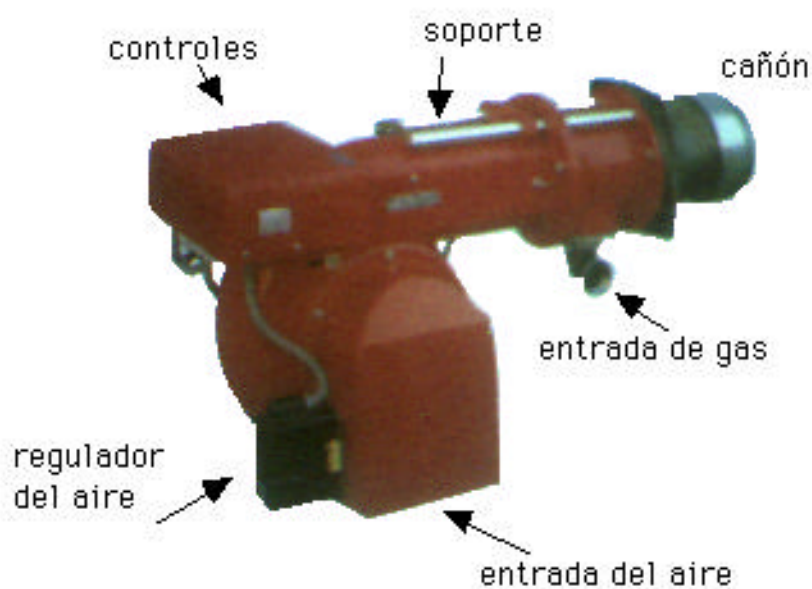
especiales de base de cobre u otros metales que no producen chispas al golpear).

La velocidad de la llama es muy importante, tanto para la combustión en un quemador como en una mezcla explosiva, siendo el hidrógeno el elemento de más velocidad de combustión, como el gas natural contiene como elemento principal el metano, muy rico en hidrógeno, parecería que su velocidad de combustión fuera muy elevada, cosa que no es tan así debido a la presencia de otros elementos que contiene, pudiendo medir la velocidad de llama en Gas Natural típico en una llama de un Bunsen (mechero abierto a la atmósfera) en aprox. 300 mm por segundo (el hidrógeno es de unos 2830 mm por segundo) y la máxima velocidad de la llama del Gas Natural típico se producirá al 100% del aire teórico requerido (o aire mínimo, aproximadamente unos 9,8 m<sup>3</sup> de aire por m<sup>3</sup> de gas natural).

Es evidente que el usuario común recibirá el gas a una presión baja y ya con el indicador de “presencia por olor” incluido, pero de todas maneras para utilizar dicho gas habrá una estación de reducción final, antes del quemador (dependerá del tipo de usuario).

Dicha estación de reducción final deberá cumplir con “normas establecidas”, que en general responden a que la reducción se haga de manera de que la misma responda a una salida de **presión constante**, ya que **cualquier variación en la presión podrá afectar su uso final** (como la regulación de la combustión), **así como la protección de sobre-presión o el corte del suministro**. Es evidente que si hay válvulas de “alivio” de sobre-presión o de venteo entre etapas intermedias, estos “escapes” deberán descargar en zona libres de peligro de acumulación en el interior del edificio (o en algunos casos sobre una “antorcha” con llama piloto para que se quemen las descargas sin afectar el ambiente, esto depende de la importancia de la instalación). De igual manera los quemadores deberán tener una protección que frente a una bajada de presión de gas, los mismos se apaguen y no puedan re-encender hasta que la presión de suministro se re-establezca adecuadamente (presostato de gas). El gas deberá venir limpio de

materias extrañas y con un contenido de agua muy bajo. Además las válvulas reductoras o válvulas controladoras, deberán estar protegidas con filtros y trampas de agua. También cuando las válvulas tengan diafragmas o empaquetaduras que puedan perder gas a la atmósfera, dichas pérdidas en general se “recoletan” a un sistema de “venteo seguro” que descarga en una zona libre y fuera de donde pueda provocar una acumulación por accidente o en una tobera libre, en donde se pueda quemar sin peligro (por lo que debe haber una llama piloto para comenzar la combustión frente a las pérdidas).



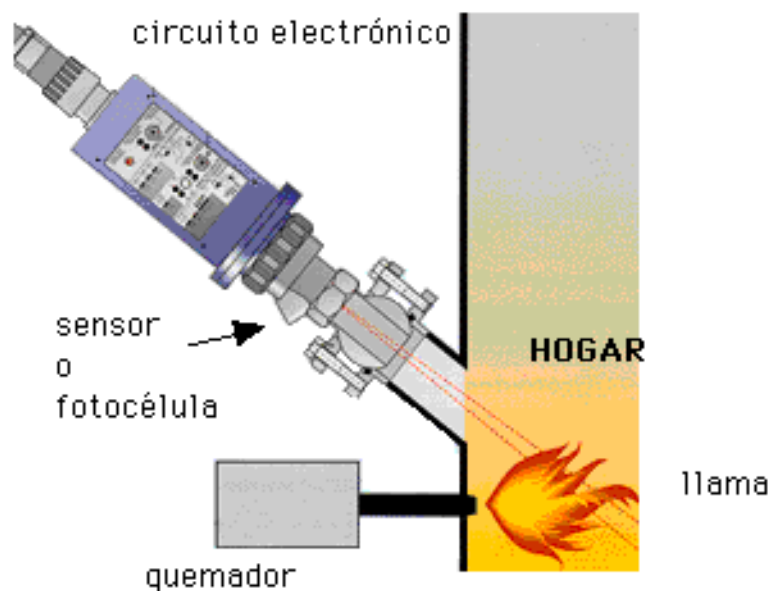
## QUEMADOR A GAS

### 2- El quemador deberá tener todos los requisitos necesarios para la quema de gas natural:

El manejo de gas natural “parece fácil”, pero si queremos estar libres de un accidente debemos exigir que el quemador responda a

todas las normas de seguridad, desde que el programador sea adecuado para gas (hay en general más consideración en el barrido que en los combustibles líquidos, si hay reencendido deberá hacer el barrido nuevamente cada vez, en las calderas más grandes hay llama piloto siempre prendida para evitar la presencia de gas sin quemar). El control de llama puede ser una varilla de ionización para “vigilar” la llama y/o puede haber un **detector de combustión más hacia la luz ultra-violeta en vez de la luz visible o el infrarrojo**. El espectro de ondas electromagnéticas que componen la luz tienen una frecuencia (como las ondas de radio o la televisión) en las que algunas se pueden ver, la luz luminosa que está formada por los colores básicos, pero a frecuencias más bajas entramos en las ondas infrarrojas (las que detectamos por el calor que transmiten) en el otro extremo de las ondas luminosas, están las ondas de luz ultravioletas (que casi no se ven). La combustión del gas produce ondas del tipo ultravioletas. En los quemadores comunes, las células foto-eléctricas comunes o fotodiodos de silicio o germanio, en general **no son para el gas**, porque el gas transmite pocas ondas visibles o infrarrojas, por ello si hay una reconversión de un quemador de combustible líquido para quemar gas, este es uno de los puntos a tener en cuenta, ya que puede ser una célula exclusiva para combustible líquido, que en general detectan más ondas visibles o infrarrojas. Los **sensores UV**-ultravioletas-generalmente han sido las más utilizadas para el gas, pudiendo haber fotodiodos con filtros que se puedan utilizar o varillas de ionización).

Un quemador de cierta potencia, debe tener un **sensor de presión de aire** de suministro para combustión, de manera de asegurarse que el aire de combustión estará presente cuando el quemador se prenda o funcione (ya que si entra gas y no hay aire de “barrido” o de combustión, y se enciende el chispero, es casi seguro que habrá una explosión de hogar).



### CONTROL DE LLAMA

#### **3- La sala de calderas deberá ser adecuada:**

Es evidente que la sala de caldera deberá tener una buena ventilación, o sea que haya permanente cambio de aire a los efectos de no acumular gas en el ambiente, ya que este podrá entrar en combustión violenta (las mezclas pobres producen explosiones más violentas que las mezclas ricas). No olvidar que el gas natural, es una mezcla de gases, algunos livianos como el metano ( $\text{CH}_4$ ) otros más pesados como el etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ), el propano ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ), **es decir que algunas partes del gas perdido irán hacia arriba del local y otras irán hacia abajo.** En una conversión a gas, especialmente en los edificios, las calderas de calefacción “pecan” por una gran falta de ventilación. Esta “ventilación” deberá permitir la extracción del aire o presuntas pérdidas de gas a la atmósfera y no a otros ambientes en que se pueda acumular. Recordar que cuando ponemos extractores de aire, debemos preocuparnos por las entradas de aire, de lo contrario no habrá una buena renovación de aire.

Los hogares de las calderas más antiguas por lo general estaban en

“depresión” o sea que la chimenea produce un “tiro” o “vacío o succión” en el hogar de la caldera con la caldera prendida ( de unos mm. de columna de agua, dependiendo de la chimenea, altura y diámetro, temperatura de gases y tipo de caldera). Las calderas modernas tienden a tener el **hogar presurizado** cuando están en marcha (los gases son forzados a pasar por los pases de tubos y sus “retardadores”) y solamente habrá depresión en el hogar cuando la caldera tenga su “fuego” apagado (y la entrada de aire al quemador cerrada). Esto significa que en las calderas de hogar presurizados, las pérdidas de gas en combustión podrán invadir el ambiente (es decir, que en las calderas que los quemadores “presurizan” el hogar éste podrá “escapar” al ambiente desde las tapas mal selladas del hogar. Las que tienen en el hogar una leve depresión serán menos probables de los escapes de gases en combustión al ambiente. No hay que olvidar que una vez que la combustión se prolonga más allá de la entrada a los tubos, la “llama” se apaga y se generarán gases sin quemar, estos pueden ser “perdidos” al ambiente como gases sin quemar, especialmente en la caja de humos o conexión con la chimenea, o cuando las chimeneas están “tapadas” por corrosión, hollín antiguo o desperdicios o también cuando las chimeneas son mal diseñadas o mal construidas.

**Estos gases de mala combustión, no solo pueden llegar a ser explosivos, sino que son muy tóxicos, especialmente por la presencia de monóxido de carbono -CO-.**

La composición de los humos de chimenea, si no hay CO (monóxido de carbono ) y se ha utilizado el aire mínimo (sin exceso, cosa que es teórico, en la práctica siempre se usará un exceso de aire, que se tratará que sea el mínimo posible) serán aproximadamente el % en volumen :

#### **Composición de los gases en chimenea (Gas Natural)**

| Componente | en base húmeda | en base seca |
|------------|----------------|--------------|
| CO2.....   | 9,90 %         | 12,20 %      |
| H2O.....   | 18,5 %         | 0,00 %       |
| N2.....    | 71,6 %         | 87,80 %      |

Frente a la posibilidad de una pérdida de gas (detectada por el olor): no prender ningún tipo de elemento eléctrico, alejar a las personas del lugar, llamar al servicio de gas (o servicio de bomberos) que tienen equipo adecuado y el conocimiento (además el entrenamiento).

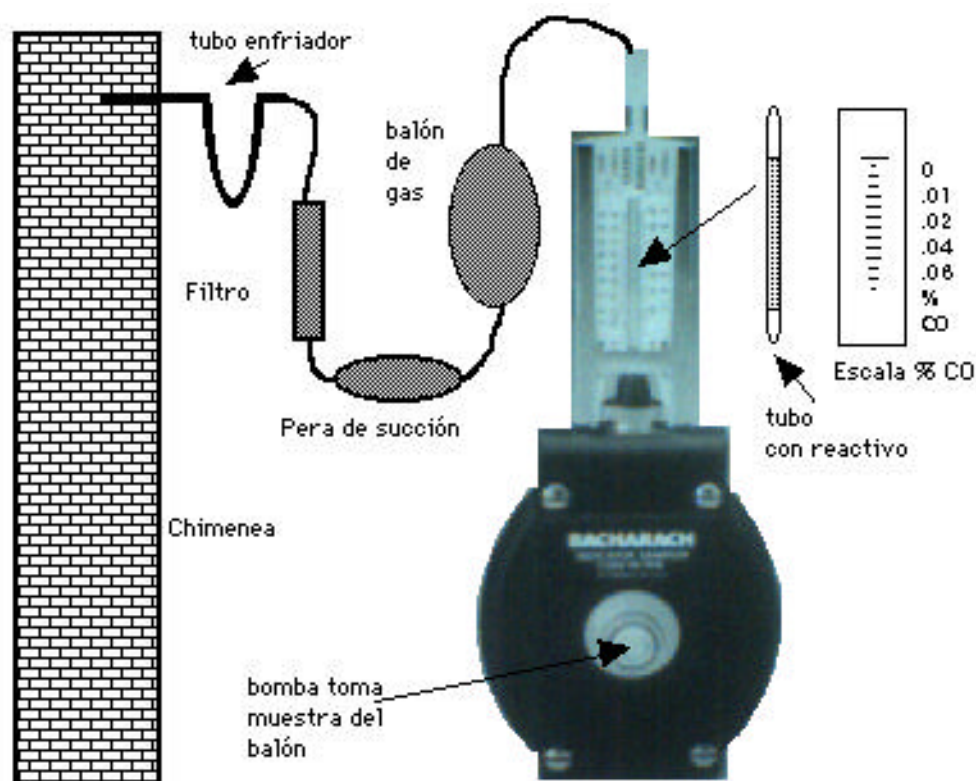
¡ Jamás intente descubrir una pérdida de gas con un encendedor, vela o fósforo, si es necesario ver una pérdida en el quemador (o sea la parte del usuario), usar agua y jabón (ver burbujas) !

#### **4- El quemador debe ser ajustado por instrumentos.**

La combustión del gas natural no es una combustión luminosa, con presencia de una llama visible, solamente se verá la parte central de la llama de un color difuso, no permitiendo ver en donde termina la combustión (el largo de llama). **No se observa bien la falta o exceso de aire por el color o forma de la llama.**

Generalmente la combustión del gas no produce “humos visibles” como en la quema de combustibles líquidos, o sea **no se observa bien la falta o exceso de aire por los humos.**

Esto nos lleva a que cuando queramos ajustar el exceso de aire del quemador a gas en general, se deba de utilizar instrumentos de medida del CO2 (anhídrido carbónico) ó el O2 (oxígeno) en los gases de chimenea, siendo conveniente también medir los gases no quemados o el CO (monóxido de carbono) que deberá ser el mínimo admisible según las normas locales o de lo contrario corremos el riesgo de estar en una zona de falta de aire y no poder detectarlo en forma visual.

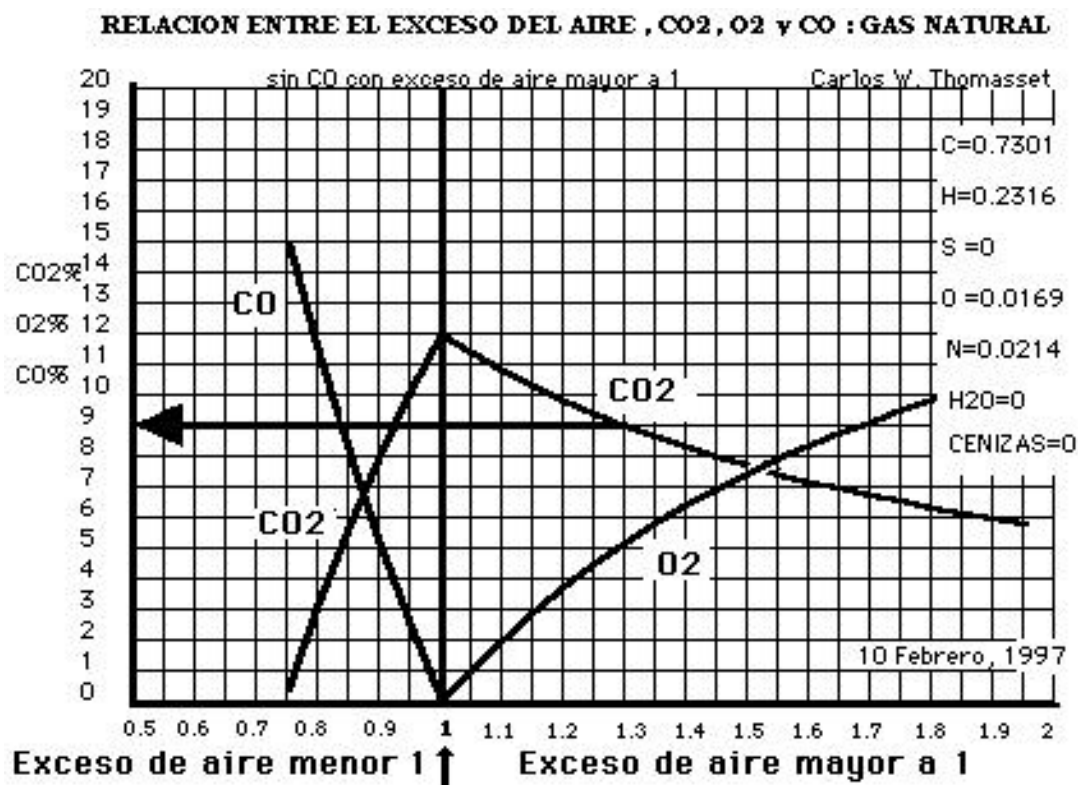


**INDICADOR DE MONOXIDO (MONOXOR BACHARACH)**

Como hemos dicho, la medida del monóxido de carbono (CO) en la combustión a gas es muy importante, tanto como para evitar la contaminación atmosférica como desde el punto de vista económico. Como en la combustión de gas no tendremos humos, será importante hacer esta medición. Para medir el CO hay varios instrumentos, puede ser un **ORSAT** (que mide CO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> y CO), puede ser un **instrumento eléctrico/electrónico** o puede ser un instrumento sencillo como el **MONOXOR de BACHARACH**. El **MONOXOR** para medir el **CO** se basa en hacer pasar una cantidad medida del gas de chimenea, que se almacena previamente en un balón de goma (que se llena con gas de chimenea a través de un enfriador y un filtro, impulsado con una pera de goma que hace de bomba). Este gas del balón se hace pasar por un "tubito" que se encuentra lleno de una sustancia como "arenosa" de color amarillo, que al pasar una determinada cantidad de gas succionado por una bomba del propio Monoxor, si el gas tiene CO hace

cambiar el color amarillo a un color oscuro. Será mayor el largo del cambio de color del tubito a medida que el % de CO lo sea, en una escala estará indicando el % de CO (luego de usar una vez, si el tubito no se ha oscurecido más de la mitad, el tubito se puede invertir y usar una vez más en ese momento). **Por lo general cuando se quema gas no se debe tener un CO mayor al 0,04% de CO.** Ver dibujo anterior.

Si bien los valores máximos de CO<sub>2</sub> en los gases son menores que los de los combustibles líquidos (por mayor cantidad de hidrógeno respecto al carbono), si sólo medimos el CO<sub>2</sub> ó el O<sub>2</sub>, corremos el riesgo de estar en una zona de falta de aire y que haya una cantidad de gases sin quemar no visibles por el color de la llama o el humo en chimenea. Esto no solo es contaminante, es **una pérdida económica** que puede ser muy importante, además, estos gases de chimenea pueden llegar a ser muy corrosivos. Véase este diagrama teórico de combustión :



Es decir que **para una misma medida de CO<sub>2</sub> podemos estar en una zona de exceso de aire o falta de aire**. De todas maneras, si también medimos el oxígeno y hay un exceso, tampoco quiere decir que este corresponde a un exceso de aire real, ya que puede haber sobrante de oxígeno por una “mala combustión” (sea por una mala mezcla del aire y el gas, o por enfriamiento excesivo de la llama o por falta de tiempo de combustión en el hogar). Esta situación no aparece en este diagrama, sí aparece en el triángulo de OSTWALD, el cual aconsejo se use para estudiar los problemas de combustión. Ver el triángulo en prox. pg.

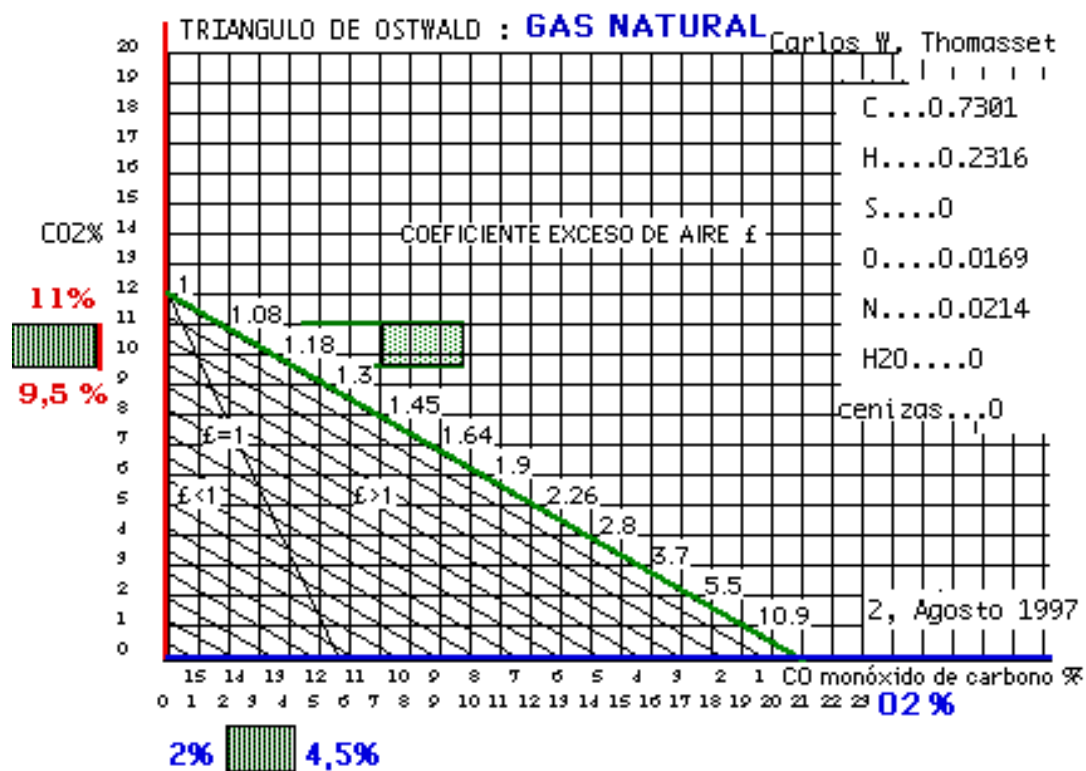
Para el cálculo del exceso de aire, generalmente se usa una fórmula matemática en la que se involucra el CO<sub>2</sub>, el O<sub>2</sub> y el CO, de ésta manera, cualquiera sea la composición del combustible, el cálculo dará el exceso de aire.

Para facilitar el trabajo de ajuste en los quemadores, se puede utilizar el triángulo de OSTWALD, una relación de gases en base seca (es decir que la humedad-agua de combustión y humedad del aire y del gas- que se encuentran en los gases de combustión, se supone condensada), es una gráfica que relaciona estos mismos valores, pero cada gráfica se traza para un solo tipo de combustible, ya que la misma responde a la composición específica de cada combustible. En la **verticales se trazan los valores de CO<sub>2</sub>% en volumen, en la horizontal el valor % del oxígeno** (siendo el máximo de O<sub>2</sub> para el aire del 21% en volumen), partiendo del CO<sub>2</sub>% máximo (que en gas natural aproximadamente es de un 12%, es el punto en que todo el oxígeno es consumido o sea igual a 0%) se traza una línea hasta unir con el oxígeno máximo (21% de O<sub>2</sub> y 0% de CO<sub>2</sub> o sea sin gases o exceso de aire infinito). **Sobre esta recta estarán los valores de exceso de aire con combustión completa** (con CO igual a 0%), **en las paralelas a esta hipotenusa estarán los valores crecientes de CO en %**, siendo el máximo CO la unión entre el CO<sub>2</sub> igual a 0% y el oxígeno igual a 0%, que en este caso será 15,5 %). Este triángulo de **OSTWALD** se trazó basándose en la composición promedio de un gas natural. De

acuerdo a lo dicho, cuando se ajuste un quemador que funcione a gas o gas natural, se debe medir el CO<sub>2</sub> o el O<sub>2</sub>, además los gases sin quemar o el CO (monóxido de carbono), para ello podemos utilizar medidores independientes o un **ORSAT**. El ORSAT mide por absorción química el CO<sub>2</sub>, el O<sub>2</sub> y el CO, basados en estas 3 mediciones, podemos con un triángulo de OSTWALD, razonar lo que está pasando con el quemador, o calcular matemáticamente el exceso de aire.

El ORSAT es un instrumento muy usado desde hace muchos años y si bien no es de alta precisión, es muy útil y en un país como el nuestro su uso todavía es muy conveniente.

### RELACION DE LOS GASES DE COMBUSTION EN RELACION SECA



Poder calorífico superior 9.300 Kcal/Nm<sup>3</sup>

Poder calorífico inferior 8.500 Kcal/Nm<sup>3</sup>

Densidad 0.76 Kg/m<sup>3</sup>

Peso específico 0,611 (aire = 1)

En este triángulo de OSTWALD para gas natural, estamos

recomendando que el exceso de oxígeno (O<sub>2</sub>) entre 2% y máximo 4,5%, el anhídrido carbónico (CO<sub>2</sub>) entre 11% y 9,5%, esto equivale a un exceso de aire entre 8% y 23% aprox..

### ELEMENTOS AUXILIARES DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCIÓN



Los **termostatos o acuastatos** (control de temperatura del agua), **son los elementos de control de la temperatura del sistema**. Su función será medir una temperatura prefijada y cuando se llega a ella provocan una acción de abrir o cerrar un contacto eléctrico. Esta temperatura por lo general es seleccionable por medio de un “tornillo” exterior de regulación. Cuando la temperatura baja un cierto valor de la cual se produjo la acción de cierre o apertura del contacto de corte o

marcha, se produce nuevamente la acción inversa ( marcha o corte ), esta diferencia de temperatura entre el ajuste y la acción en que se vuelve a conectar o abrir los contactos, se llama **“diferencial de temperatura”** (un valor que depende del tipo de termostato o función en el cual se use, siendo este diferencial fijo o ajustable en algunos casos). Este diferencial permite que el equipo no esté accionando permanentemente (prendiendo y apagando), lo cual sería en algunos casos un desgaste mecánico o energético del sistema, por esta razón se deben de elegir muy bien los **termostatos** (o **acuostatos**) para cada sistema.

El sistema de calefacción corre riesgos si se tiene un solo termostato de control, ya que si este falla, el quemador sigue prendido (subiendo en exceso la temperatura) **es conveniente poner un segundo termostato** (o **acuastato**) **de límite máximo** para el caso que falle el primer termostato. Este **termostato de seguridad es conveniente que sea del tipo de rearme o “reset” manual**, es decir, que si actúa se debe luego rearmar a mano apretando un botón, de esta manera sabemos que el control principal se encuentra fallando.

Hay acuostatos ( termostatos para control de la temperatura del agua) que tienen un sensor del tipo bulbo que se introduce en una vaina, para mejor contacto térmico se la envuelve en papel aluminio (buen conductor del calor) o con algún elemento fluido que no se descomponga. Otros tipos de acuostatos simplemente aplican su sensor (en forma de medallón) sobre la misma tubería (de metal), debiendo quedar bien firme y haciendo un buen contacto mecánico entre el bulbo y la cañería.

No intentar reparar un termostato o un acuostato, es un riesgo, ya que cuando falla es generalmente por desgaste de los mecanismos.

### **Elementos de control de fluidos:**

Desde válvulas para regular la circulación del agua a los radiadores (intercambiadores de calor) en forma **manual**, hasta **válvulas termo-reguladoras automáticas** o de comando eléctrico o electrónico

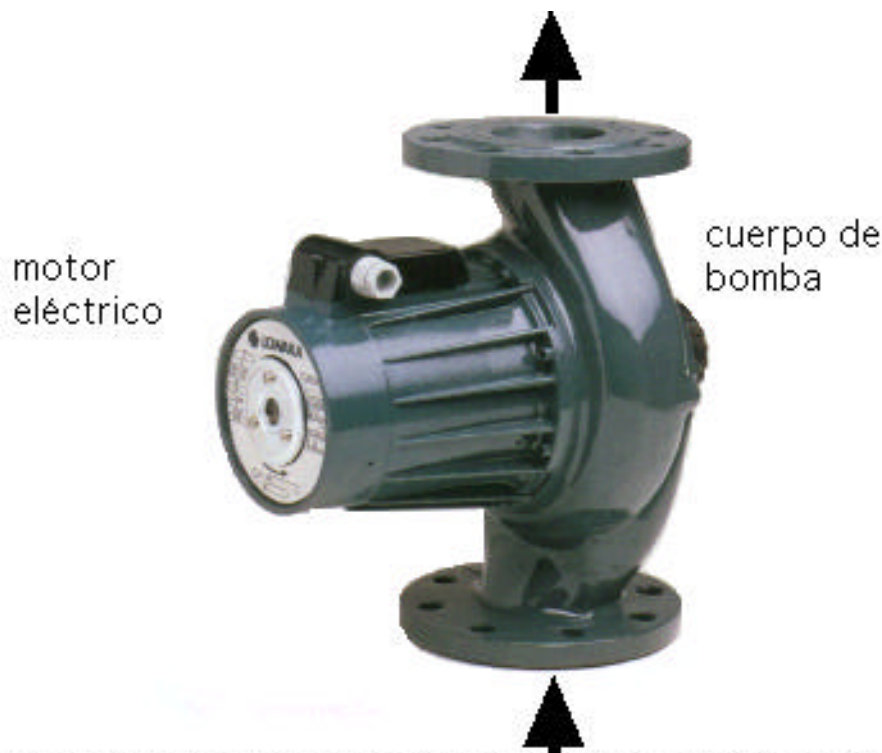
(**válvulas motorizadas**). Muchas de éstas válvulas no permiten el cierre total para evitar que se corte la circulación totalmente, ya que un corte total de la circulación es contraproducente para la caldera (**aunque esto se debe prever en los circuitos al diseñar**). Como ser, algunas calderas de circulación natural tienen un circuito que une la entrada de agua de la parte baja con la salida del agua caliente de la parte superior, para evitar que la misma se quede sin circulación interna de agua (cosa que no es conveniente por la formación de recalentamientos locales), especialmente en los momentos de “arranque”, en que los circuitos fríos cuesta más mover el agua. La viscosidad o sea facilidad con que se mueve un líquido por una cañería del agua, es más alta - cuesta mover-cuanto más fría ésta esté. Pero además, el desbalance térmico que provoca la circulación en el primer momento es demasiado pequeño, ya que la diferencia de altura del agua caliente y la fría es prácticamente solamente la altura de la caldera y no de todo el sistema que está frío. En los circuitos con **bombas de circulación**, puede haber un “by-pass” que haga circular a través de la caldera un % del agua total del circuito (o una bomba exclusiva de circulación para la caldera), de manera de mantener una buena circulación en la caldera aunque el circuito esté con poca circulación, un % de agua caliente que sale de la caldera se mezcla con el agua fría que retorna, de esta manera también se evitan “choques térmicos” o sea que a la caldera entre agua demasiado fría.

En los circuitos de **circulación forzada** podrán tener “**separadores de aire**” , de manera de extraer el aire en circulación en forma automática, son como recipientes en los cuales se produce un cambio de velocidad, habiendo una zona para que se eleven las burbujas de aire y salgan por encima del tanque de compensación, o por una válvula automática de purga de aire, reponiéndose el volumen que queda liberado por agua de reposición del tanque de compensación.

Las **válvulas termo-reguladoras de auto-posicionamiento**,

funcionan con un bulbo lleno de un líquido (que está en contacto con el ambiente a controlar), que se comunica por un caño de pequeño diámetro con un “fuelle” , ambos también llenos de líquido, dicho líquido dilata con el “calor” y contrae con el “frío”. El fuelle empuja un vástago de una válvula de control que tiende a cerrar al calentar el bulbo; para abrir, cuando el bulbo enfría, se contrae el líquido y el fuelle tiende a contraerse y es ayudado por un resorte, entre ambos abren el vástago de la válvula de control, permitiendo el pasaje del fluido. Esta **regulación es modulada** (es decir, va abriendo a medida que sea necesario o cerrando de la misma manera, llegando a la apertura total o cierre). Los sistemas eléctricos pueden ser “On” y Off” (“abren” o “cierran” , o sea todo o nada) como ser un **termostato de control eléctrico y una válvula de solenoide**.

Las válvulas de solenoide puede ser de acción directa o sea que operan sobre el pasaje total del fluido directamente, cosa que en general no es posible por el tamaño en los sistemas de calefacción, por eso se han creado las válvulas de solenoide “piloteadas”, es decir que la válvula de solenoide en sí es pequeña y comanda hidráulicamente otra válvula más grande que funciona a “diafragma” con la misma presión del fluido. Pero hay sistemas de **regulación con modulación, son sensores eléctricos o electrónicos que detectan la temperatura** y la transforman en una señal de control que ordena a un **motor posicionador** (eléctrico, neumático o sea con aire) de manera de abrir y cerrar la válvula la cantidad necesaria.



### **BOMBA CIRCULADORA DE AGUA DE CALEFACCION**

Es evidente que en los sistemas de **circulación forzada**, **las bombas se prenderán primero que el quemador**, habilitando al quemador eléctricamente para funcionar, de esta manera la caldera tendrá asegurada la circulación interna. Si las bombas de circulación forzada, por error de conexión u operación, prendieran después que la caldera está caliente, se producirán fuertes “golpes” de dilatación en los circuitos y contracciones contraproducentes en la caldera. **Pero el riesgo más grande será que si el acuastato no corta por alta temperatura al quemador de caldera en el momento debido, la caldera expulsará el agua (al no haber circulación)**, recalentando algunas de sus parte más expuestas al fuego, provocando con ello algunos problemas mecánicos o un accidente de graves consecuencias. Las bombas deberán permanecer prendidas aún con la caldera apagada, hasta que la temperatura del circuito baje a una temperatura casi ambiente, de manera de que no queden focos calientes.

Para que esto ocurra, los contactores de las bombas habilitarán a través de un contacto auxiliar al quemador, cuando las bombas estén en funcionamiento, si hay más de una bomba ( o varios circuitos) todos los contactores deberán estar con el contacto auxiliar en paralelo, de manera que basta que una bomba esté en funcionamiento para que se habilite el quemador. Algunos tipos de bombas solamente se pueden instalar con sus **ejes en posición horizontal** (aquellas que refrigeran su motor con la misma agua que hacen circular o sea sin sellos entre el motor y la bomba, de manera de inundar con el agua el motor y su bujes de giro para su lubricación con la propia agua).

**Las bombas de circulación podrán ser de caudal fijo o de caudal variable** : para ello sus motores eléctricos podrán conectarse de diferente manera para variar las revoluciones por minuto, variando así la presión y capacidad de la bomba, o también podrán tener una regulación mecánica del lado de la bomba, de manera de regular el caudal de la misma, ambas regulaciones podrán venir incluidas en una misma bomba.

### EMERGENCIAS Y CUIDADOS GENERALES DE LA SALA DE CALDERAS

Ante todo, el mantenimiento y la limpieza, el orden, una buena iluminación y buena ventilación de la sala de calderas, es fundamental.

**Si bien debemos de tener elementos contra incendio**, baldes con arena fina, extintores de espuma para combustibles líquidos, de polvo para tableros eléctricos, o lo que sea necesario (luego de consultar una casa especializada en el tema), **lo más importante es evitar que los incendios se produzcan, para ello debemos:**

1-Alejar de la zona de la caldera y los tableros eléctricos, todo aquel material que pueda entrar en combustión (por calor o chispas).

2-Mantener la ventilación adecuada de la sala para evitar la acumulación de gases que puedan entrar en combustión.

3-Mantener debajo de los quemadores una bandeja con arena que

pueda recoger y absorba eventuales pérdidas líquidas, tratando de mantener esta arena limpia (**las pérdidas no deben existir**).

4-No usar los alrededores de la caldera para “colgar ropa” para secar.

5-Verificar todos los sistemas de seguridad de la caldera : a-Corte por alta temperatura, b-Controlar que la célula foto-eléctrica corta por falta de llama, c- Tener los térmicos de los motores eléctricos en buenas condiciones, ajustados a los valores máximos admisibles, d- Si hay válvulas de alivio, probarlas por lo menos una vez al año e-Tener una llave de corte eléctrico desde el exterior de la sala de caldera para apagar la misma, f-Tener un sistema que corte el combustible a control remoto o fuera de la sala, g-Mantener la caldera y ductos libre de hollín (hay muchos incendios que comienzan aquí), g-Verificar que el combustible al ser descargado del camión sea el que se ha pedido (hay muchas explosiones de hogar por usar combustibles no adecuados), g-Verificar que los “anclajes” del quemador mantienen el quemador fijado a su base (una “patada” del quemador al encender puede empujar el quemador prendido fuera de la caldera y provocar un incendio),

**h-No tirar nunca trapos y papeles sucios en el interior de la caldera cuando la misma esta parada** (pues al encenderse puede provocar una “explosión de hogar”).

Cuando la caldera está en servicio, conviene dar “recorridas” periódicas para ver su correcto funcionamiento, para ello observar:

1-Temperaturas.

2-Color de la llama y presencia de humos.

3-Olores extraños en el ambiente (buscar si son recalentamientos de partes del quemador, motores eléctricos o tableros, u otras partes del sistema).

4-Escuchar por ruidos anormales (motores que están anunciando un problema en sus cojinetes, caldera con falta de agua o de circulación, quemador con llama inestable, etc.)

5-Mantener un control sobre el stock del combustible, para efectuar su pedido con anticipación (no olvidar en el caso que se aditive el

combustible se haga en el momento de descargar el mismo en el tanque, pero no intentar aditivar un combustible con el tanque sucio, primero se debe limpiar para no “arrastrar” la “mugre” al quemador).

De acuerdo al tipo de combustible mantener una rutina de limpieza del hollín. Los combustibles más pesados tienden a formar más hollín, por lo que deben cepillarse los tubos más a menudo, una vez al mes por lo menos (esto se paga con la ganancia del aprovechamiento mejor del calor). Si se quiere controlar la necesidad de la limpieza del hollín, se puede instalar un termómetro en la chimenea, el mismo indicará una temperatura con la caldera limpia y luego a medida que el hollín aísla los tubos, la temperatura sube, indicando una mayor pérdida de calor por los gases de chimenea. Fijando unos 20°C la elevación de la temperatura entre cada limpieza de hollín para indicar que la está caldera está sucia.

Sugiero la utilización de una aspiradora industrial para aspirar el hollín al cepillar los tubos, utilizando un caño (1 1/2” caño luz) que en la punta sostiene el cepillo de acero y por la punta de donde se manipula, esté conectado el tubo de aspiración de la aspiradora. Recordar que el hollín no solo ensucia todo lo que toca, también puede ser malo para la salud (utilice una máscara de polvo).

Dependiendo del tipo de combustible, limpiar los filtros de línea (cañerías) y del quemador, esta tarea en los combustibles más pesados se debe hacer frecuentemente.

Conviene llevar una “cuaderno” de novedades en donde podemos anotar todos los servicios y problemas del sistema, de manera que al fin de temporada, podemos hacer un resumen de aquellos problemas que tenemos que tener en cuenta a resolver para la próximo mantenimiento.

Periodicamente o antes de cada temporada, conviene hacer un mantenimiento general del quemador y su ajuste de combustión, limpieza de tanques de reserva, de tanques de servicio, las cañerías y accesorios de la misma.

**ALGUNAS PREGUNTAS Y REPUESTAS DE LOS SISTEMAS DE CALEFACCION.**

**¿Porqué en un sistema de calefacción de circulación natural la caldera podrá estar caliente, pero los calefactores no calientan?**

Este es un caso evidente de que el agua no circula, considerando que no hay válvulas que cierren el circuito, para que el agua no circule estando la caldera caliente, pueden ser dos las causas : 1- **el sistema no está totalmente lleno de agua** (por lo que no se puede pensar que se pueda establecer un circulación) , 2- **hay demasiado aire en el sistema** (el aire tiende a subir en la “pierna” que baja a la caldera, cuando el agua tiende a bajar, esto puede establecer un equilibrio que la fuerza del “termosifón” es insuficiente para establecer la circulación).

Ambos casos se solucionan purgando el aire y reponiendo al mismo tiempo el agua.

**¿El circuito de calefacción hace ruido?**

Suponiendo que estamos hablando de un circuito de calefacción forzada, en este caso es muy probable que el circuito tenga aire y las burbujas de aire circulan con el agua, provocando con ello pequeños golpes del agua al colapsar las burbujas en determinadas zonas. La solución es parar el sistema y purgar el aire.

Puede haber también ruidos por exceso de circulación, es decir el agua circula demasiado “rápido”, esto hace ruidos que son molestos y que con el tiempo provocan una corrosión en determinados lugares (corrosión por “erosión”). La solución a este problema pasa por bajar el caudal de la bomba, que se puede hacer mecánicamente (por medio de un regulador en la misma bomba, si lo trae, o un “by-pass” entre la entrada y la salida del agua en la caldera) o por medio del motor eléctrico que impulsa la bomba (tiene conexiones eléctricas que al cambiarlas cambia las r.p.m. de la bomba).

**¿Porqué a veces hay corrosión en la unión de la placa más “caliente” con los tubos, en las calderas humo-tubulares?**

Este caso responde generalmente a la siguiente causa : hay un exceso de calor en dicha zona, que no siempre es disipada totalmente por el agua y se forman “grandes burbujas de vapor”. Esto puede ocurrir si la caldera es “pobre” de circulación interna de agua. En la circulación natural se puede mejorar en algunos casos poniendo un “by-pass” entre la entrada y la salida del agua en la caldera. En el caso de la circulación forzada, la bomba se puede impulsar a través de un by-pass de parte de la circulación. También en el interior de la caldera se puede instalar un “mezclador” de agua de retorno con agua del interior de la caldera.

Otra causa se puede deber a un exceso de combustión, o una falta de presión de agua en la caldera (tanque de expansión muy bajo respecto a la caldera), o bombas de circulación con circulación succionando de la caldera en vez de “empujar” hacia la caldera (lo que disminuye la presión interna en la caldera, permitiendo que se formen fácilmente las “burbujas de vapor”). Podría haber casos especiales en que el agua tratada químicamente y fuera de control, permita la formación de espumas o burbujas, que dejen zonas sin enfriar correctamente (o que el agua se halla contaminado con alguna sustancia química : soda, jabones, detergentes, aceites, etc.).

**¿Es necesario hacer un tratamiento químico en el agua de las calderas de calefacción?**

No necesariamente, esto depende de la calidad del agua de llenado del sistema, de las pérdidas del sistema (agua que repone) y de los componentes del sistema (la unión de distintos materiales que puedan generar pares galvánicos). **El agua blanda y el agua desmineralizada son corrosivas.** No siempre conviene reponer con agua a través de un ablandador o desmineralizador, pero si se hace necesario por ser un agua muy dura o con mucha salinidad (el agua dura es aquella que tiene sales de calcio y magnesio, por lo que tiende a incrustar el sistema o llenar el mismo de barro). Si se utiliza agua blanda o

desmineralizada, se debe hacer un tratamiento químico para proteger el sistema de la posible corrosión. Siempre será bueno hacer un tratamiento químico, pero como supuestamente el agua no se debe perder, este tratamiento químico se hará cada vez que se llene el sistema y cada tanto tiempo se controlará por análisis químicos y se repondrá la pérdida del tratamiento.

**¿Cuales son los productos químicos más utilizados para proteger la parte de agua en los sistemas de calefacción?**

Cuando se utilice un tratamiento químico se debe pensar en la calidad del agua (si es necesario ablandar, como ser si la dureza es más de 100 ppm quizás sea conveniente ablandar si hay reposición frecuente), luego de acuerdo al material de que está construido el sistema se verá los productos químicos a utilizar, que generalmente podrán ser en algunos casos: **cromatos** (protege muy bien de los pares galvánicos, pero: manchan, provocan problemas de salud en las personas, afectan a los sellos mecánicos de las bombas), **polifosfatos** (generalmente poco estables, pero no manchan ni afectan a la salud, ni afectan a los sellos de las bombas), **nitritos** (protegen a altas concentraciones, en algunos casos puede haber problemas de corrosión bacteriana y pueden ser contaminantes), **silicatos** (no manchan, no afectan a la salud, no afectan a los sellos de las bombas, se debe tener precaución con los límites de temperatura), etc...

Todos los productos nombrados actúan de diferentes maneras, generalmente en forma superficial, por lo que hay que tener cuidado con las altas velocidades del fluido en las cañerías (corrosión por erosión).

Siendo el **PH** un elemento a tener muy en cuenta desde el punto de vista de la corrosión (la escala de **PH** va de **0**- ácido- a **14** - muy alcalino - la franja de menos corrosión está entre **PH 8 y 11**, corrigiéndose el PH según el tratamiento químico a utilizar para estar en esta franja).

**¿Conviene vaciar los circuitos de calefacción cada año y limpiarlos?**

**¡ No ! Es contraproducente:** cada vez que vaciamos se llena el sistema de **aire** : hay una inmediata corrosión por el oxígeno que entra y la humedad que queda en el circuito . Luego al llenar con **agua dura:** precipita la dureza en forma de barros e incrustaciones al tomar calor en la caldera. El oxígeno disuelto en el agua que se repone cada vez, o que entra con la misma, produce corrosión hasta anularse combinándose con el hierro de la instalación, quitándole vida a la instalación y produciendo barros con los óxidos y de la dureza precipitada, que pueden “obstruir” la circulación o aislar las superficies de transferencias.

**¿ Conviene dejar el sistema vacío durante la temporada de calor?**

**¡ N6 !** Si dejamos el sistema vacío, en su interior quedará agua estancada que producirá una humedad artificial, como todo el circuito estará en contacto con el aire, habrá una permanente corrosión por oxígeno.

**Mantenga siempre inundado el sistema. Si es necesario vaciarlos y dejarlo un largo tiempo abierto, trate de soplar el agua o inunde por partes el sistema, dejando solamente el circuito a trabajar sin agua.**

**¿Cuales son los puntos importantes a observar del circuito que normalmente no se ven o no están en la zona de control ?**

Es conveniente subir a la zona del **tanque de expansión** cuando el sistema se prende y está a su máximo de capacidad y observar que el tanque de expansión no debe perder agua por ninguna razón si esta bien instalado.

Si perdiera agua podría ser por :1- tanque demasiado “chico” para el sistema, 2-flotador demasiado alto en el tanque (debe estar a la mitad

aproximadamente), 3- caldera con demasiada temperatura y forma puntos de vapor en el interior de la caldera , 4- insuficiente circulación de agua (cañerías de poco diámetro, bombas de insuficiente capacidad, por ambas causas se recalientan puntos internos de la caldera) 5- caldera con problemas de combustión (la llama no es adecuada).

**Si mantenemos un sistema con las pérdidas antedichas, podrá desde incrustarse el caño de compensación** (por la permanente reposición de agua dura), **hasta tener un problema en la caldera.**

**¿ Se pueden “tapar” tubos que pierden agua en una caldera humo-tubular ?**

Sí, siempre que no sean demasiados y especialmente que no se localicen en una zona. Al taponear tubos, estamos “achicando” la capacidad de la caldera y forzando aquellos tubos que no están tapados, de allí que se deba considerar el tapar tubos como una “emergencia”, dejando para la primera oportunidad el cambio de los tubos “tapados” y la inspección de los restantes, ya que generalmente cuando se “pincha” un tubo, es casi seguro que habrá más de uno “atacado” (generalmente por “pitting” , una corrosión por oxígeno en un punto, especialmente en calderas que paran mucho y que les entra agua de reposición o quedan parcialmente vacías fuera de temporada).

**¿ La presencia de humos en calderas que queman combustible líquidos se debe siempre a falta de aire ?**

No necesariamente, siendo la falta de aire la más común de las condiciones cuando hay presencia de humos. También se puede deber la presencia de humos a : 1- **mala atomización** ( problemas de atomización por fallas en las toberas, desgaste, sucias, mal armadas, inadecuadas, etc. ), 2- **combustible frío** (en F.Oíl pesado y calefacción), 3- **mala mezcla del aire y el combustible** ( la boca refractaria o el parallamas en mal estado, el aire primario y secundario

mal repartidos, etc.), 4-**la llama pega contra una superficie fría** (la llama se apaga y no termina la combustión), 5- error en la carga de combustible o mala calidad del mismo (el combustible es inadecuado para quemar en las condiciones del quemador).

**¿ Que debo hacer si se observa un recalentamiento en la caldera ?**

**¡ Apagar el quemador y no dejar introducir agua !**

Si la caldera está recalentada (a alta temperatura y vacía), e introducimos agua, se provoca un “flash” (evaporación instantánea) que provoca una presión que puede llegar a ser violenta, que podría llevar a una explosión de la caldera. Aunque no ocurra una explosión, la caldera al ser enfriada rápidamente, se puede provocar una distorsión de los metales, que pueden aflojar los tubos sobre las placas, o torcer las placas o deformar el hogar.

**¿ Porqué es conveniente disponer de un segundo acuastato de seguridad ?**

La mayoría de las calderas de calefacción no tienen válvulas de alivio (creo que es un error), el alivio de la presión en algunos casos, solamente es el caño de compensación al tanque de expansión. Si fallara el acuastato de control del quemador y la temperatura subiera por encima de los 100°C, se produciría una sobre presión que debería descargar por dicho caño. Como a veces dicho caño es de pequeña dimensión o puede estar incrustado, la presión no se alivia lo suficiente, el sistema puede llegar “estallar” en algún lugar (generalmente la caldera). **La instalación de un segundo acuostato**, con “reset” manual o sea que no deje prender la caldera hasta que el operador la habilita apretando un “botón”, no dejaría que el quemador siga prendido más allá de la temperatura máxima admisible. Las

calderas de vapor todas tienen válvulas de seguridad que nos protege de ésta situación.

**¿ Se puede proceder a soldar un tanque de combustible líquido una vez usado ?**

**Este puede ser un paso muy peligroso sino no se dá adecuadamente. Aún con el tanque limpiado a “estopa”.** El tanque aparentemente limpio, al soldar larga vapores de combustible que en mezcla “pobre” es suficiente para provocar una explosión. En el caso que se deba soldar un tanque usado, es conveniente proceder a un lavado con vapor vivo de por lo menos 48 horas o más , sacando muy bien el condensado y manteniendo un barrido permanente del vapor. Luego al soldar se debe mantener una corriente de aire, de varios cambios de aire por hora, tomando el máximo de precaución para las personas involucradas, siendo lo más aconsejable **dejar estas labores a empresas especializadas .**

**¿ Puede la “explosión” de una caldera de calefacción “destruir” una parte de un edificio ?**

**¡ Sí !!!! Se considera que por cada 50 litros de agua sobrecalentada a 183°C ( 10 kg/cm<sup>2</sup> de presión de vapor saturado), equivalen a 1 Kg. de pólvora.**

La “explosión” de una caldera de calefacción es de una fuerza destructora increíble, especialmente porque la mayoría están instaladas en lugares bajos y cerrados (sótanos) y su vigilancia no es frecuente.

Para evitar ésta posibilidad, sería ideal que la caldera dispusiera de un **segundo acuastato de control del quemador de alta o límite** (con “reset”), **una válvula de alivio en la caldera y un control de bajo nivel de agua.**

**¿ Como asegurarse que el caño de compensación al tanque de expansión está en buenas condiciones ?**

Creo de tal importancia la cañería de compensación de la caldera al tanque de expansión y como el mismo sufre el ataque de corrosión y de incrustaciones y barros del agua de reposición, que merece ser cambiado cada tantos años (dependiendo del sistema). Su diámetro debe ser generoso y no tener válvulas que por error se cierren.

**¿ Porqué los tubos de los calentadores de aire son aleteados ?**

La transmisión de calor se hace del elemento más caliente al más frío, pero hay que vencer una “resistencia” al pasaje del calor, esta resistencia varía de acuerdo a los fluidos ( el agua transmite mejor que el aceite, el aire, los gases, etc), a la velocidad de los fluidos (m/s, metros por segundo, disminuye la resistencia al aumentar la velocidad), a los materiales (el cobre transmite mejor que el aluminio, el hierro, la fundición o el inoxidable, etc) . De manera que si tenemos que calentar un líquido con un tubo que por el circula otro fluido más caliente, la pared del tubo toma en parte la temperatura del fluido más caliente, sí la transmite a un líquido, éste líquido la toma más fácilmente de la pared del tubo porque “moja” al mismo (las partículas del líquido están en mayor contacto con la pared del tubo). Si en vez de un líquido queremos calentar un gas, el gas “no moja” la pared del tubo (las partículas están más separadas unas de otras), por lo que si al tubo le ponemos aletas logramos que las partículas estén en contacto en mayor número con la pared del tubo y así logramos transmitir mejor el calor. Es decir, cuando calentamos aire o gases, le ponemos aletas a los tubos, cuando calentamos líquidos no es necesario poner aletas (en algunos casos se le pone pequeñas ranuras para mejorar el contacto del líquido con la pared).

**¿Cuál es la diferencia entre una válvula de alivio y una válvula de seguridad para calderas de vapor ?**

Que las válvulas de alivio abren a una presión predeterminada y seguirán abriendo en proporción al aumento de la presión, cerrando cuando se vuelva a la presión de apertura cuando baje la presión nuevamente : **en una palabra, solo se pierde el fluido mínimo para controlar la presión, pero la presión puede aumentar un poco más allá de la presión de apertura.**

En las **válvulas de seguridad para calderas**, por tratarse de vapor en contacto con el líquido generador del vapor (agua) y que también hay una generación de presión por la presencia del quemador, la válvula de seguridad se abre en forma de limitar la presión a un valor no mayor a un 6% de la apertura, abriendo la misma en forma **total** (efecto de apertura total o efecto “pop” o “tapón de corcho”), quedando abierta la válvula totalmente hasta que **la presión baja por debajo de la presión de apertura** (presión diferencial o efecto “blow-down”). La válvula cierra de golpe, asegurando el cierre de la misma en forma que el asiento no quede perdiendo, ni golpeando por el efecto de la presión que se regenera por la evaporación del agua. De esta manera nos aseguramos que la caldera de vapor no sufrirá una sobre-presión.

**Las válvulas de alivio no deben ser usadas como válvulas de seguridad para calderas de vapor, ni tampoco es conveniente el uso de válvulas de seguridad de calderas de vapor, en calderas de agua caliente, por que cada vez que la misma abra perderíamos gran cantidad de agua, cosa no conveniente.**

**¿ Porqué se produce un goteo de combustible en los quemadores a combustible líquido ?**

Si no se dispone un mecanismo especial, la tobera o puntero del quemador “goteará” combustible al cerrar la válvula de solenoide , ya que en la cañería que une la válvula y la tobera de atomización al

apagarse el quemador, queda llena de combustible, que al calentarse por la temperatura del hogar, es expulsado hacia la tobera, “goteando” por la misma el combustible. Para evitar esto, los quemadores adecuadamente diseñados, tienen un sistema que cierra a la tobera por medio de un pistón (con resorte) o un punzón comandado (por medio magnético), que cada vez que el quemador apaga, cierra a la tobera, no dejando perder el combustible de la cañería. Como este “pistón” está cargado por un resorte, que es comprimido por la propia presión del combustible cuando el quemador funciona, abriendo la “válvula” de la tobera, es la fuerza resorte quien cierra dicha válvula al cesar la presión, por lo que si vemos que el quemador queda “goteando”, es muy probable que el resorte esté “descalibrado” (haya perdido fuerza).

**¿ Porqué se prueban las calderas y equipos de intercambio con presión de agua y no se debe utilizar aire comprimido ?**

La razón de utilizar agua en vez de aire en las pruebas hidráulicas , en las que se utilizan presiones muy importantes, generalmente más de una vez y media la de trabajo, **se debe a razones de seguridad**. Al utilizar agua y darle presión para **probar más bien la “fortaleza” o resistencia del equipo** y no solamente las pérdidas, en caso de que el mismo falle y se provoque una pérdida o una parte del recipiente se desprenda, el agua no produce un efecto elástico (no se expande si está a temperatura ambiente), que pueda dañar a las personas o materiales. **Nunca utilizar aire para las pruebas de resistencias o las pérdidas, de calderas o recipientes** , ya que el aire se comporta como “un resorte comprimido” que hace que la parte del equipo que se desprende o el equipo mismo “estalle”, o genere una verdadera “explosión” provocando daños muy importantes. Se puede utilizar aire o un gas inerte para pruebas de “pérdidas” en algunos equipos, una vez que éstos hayan pasado la prueba hidráulica satisfactoriamente. La utilización del aire en pruebas debe ser considerado muy cuidadosamente, ya que hasta un calefón puede ser un “arma” mortal

si llega a estallar por aire comprimido.

Por lo que siempre que haga una prueba hidráulica, saque bien el aire del sistema, asegúrese que **el manómetro indique valores correctos** y que la bomba que impulsa el fluido de presión sea fácilmente controlable (no produzca un golpe de presión brusco que pase el máximo deseado), aleje su cara o partes vitales de su cuerpo de aquellos elementos que puedan desprenderse (tapas, válvulas, etc) .

### **¿ Como puedo probar un acuastato o un termostato ?**

Por medio de un recipiente con agua, que calentamos y controlamos con un termómetro (de mercurio por ejemplo: en un rango a 0°C a 120°C). Introduciendo el bulbo para calentar una vez lograda la temperatura de prueba y enfriando en el aire o en otro recipiente a la temperatura que el mismo debe de “cerrar” (piloteando los contactos eléctricos con un medidor de continuidad o “tester”, y no solamente con el “ruidito” que hace al conectar y desconectar).

Entre la temperatura que cierra y la que abre, hay un diferencia de temperatura (diferencial de temperatura) que en algunos casos también es ajustable , en otros es fijo (esta diferencia es necesaria para que el equipo no esté permanentemente prendiendo y apagando), cuanto más próximas estén estas temperaturas, más veces por hora el equipo quizás prenda y apague (depende de otros factores también).

No intente con la llama de un soplete o de un encendedor hacer la prueba descrita anteriormente, ya que este procedimiento en muchos casos provocará la rotura del elemento sensor.

### **¿ Porqué no es bueno calentar el F.Oíl pesado o de calefacción a más de 145°C ?**

Podemos calentar este tipo de combustible más allá de 145°C al F.Oíl pesado y el de calefacción a 130°C, pero esto no tiene mucho sentido y si tiene otros inconvenientes. No tiene sentido porque lo que

se busca es bajar la viscosidad del combustible (que quede como “un agua”), pero por encima de dichas temperaturas, la viscosidad prácticamente permanece igual y el inconveniente es que el combustible empieza a “quemarse” al tocar las superficies tan caliente , provocando “cascarillas” de F.Oíl que tapan los filtros, las toberas y forman una “costra” que terminan aislando las resistencias de calefacción y haciendo que estas se quemen.

**¿ Todas las calderas pueden quemar gas natural ?**

Es una buena pregunta, ya que la llama del gas es diferente a la de los combustibles líquidos y sólidos. Si bien su combustión aparentemente es “más fácil”, el período de combustión es “aparentemente” más largo, lo que se refleja en que la temperatura del gas puede ser más alta sobre el final de la combustión, esto puede afectar algún tipo de caldera de hogar “corto”, pudiendo afectar el mandrilado o soldadura de los tubos a la placa más “caliente”, al entrar en contacto con dicho gas caliente y provocar un exceso de temperatura sobre el material. Esto puede “remediarse” bajando la capacidad de combustión, pero debe ser atendido para el caso de las calderas que deben reconvertirse.

**¿ La baja temperatura de las calderas de calefacción puede afectar la combustión ?**

Puede que sí, ya que si la llama toca la superficie fría del metal tiende a apagarse. Las calderas “antiguas” tenían muchas superficies de refractario, que no solo servía de protección al metal, sino que permitía que la temperatura de la llama fuera lo suficientemente alta para lograr su combustión total. Con el advenimiento de las calderas de alto rendimiento, con hogares cilíndricos, la llama tiene que estar ubicada correctamente en el hogar para evitar que “toque” las superficies frías. Pero junto con esto, la calidad de los combustibles ha

disminuido (F.Oíl) por ser residuales de las extracciones y transformaciones en las refinerías de petróleo con lo que logran “sacar” lo mejor del combustible para las naftas y el gas-oíl, esto hace que estos “residuales” no sean fáciles de quemar, necesitan llamas con altas temperaturas. Muchas veces la solución a éste problema pasa por agregar elementos refractarios en los hogares que disminuyan la transferencia de calor en el hogar y con ello aumente la temperatura de la combustión (aunque esto tenga el inconveniente de aumentar la posibilidad de formar óxidos nitrosos). Este problema se ha resuelto en parte con las calderas con llamas de retorno, es decir que la llama retorna sobre sus propios contornos en el hogar cilíndrico de gran diámetro, permitiendo que la llama se “caliente” así misma, tanto el centro de la llama como la combustión más alejada que tiene más tiempo y temperatura de la propia llama central.

### **¿Como se producen los golpes de “ariete”?**

El golpe de “ariete” se semeja al “choque de un auto contra una pared”. Es decir que toda la energía en velocidad que trae el auto se frena de golpe y esto produce una gran fuerza de choque. En el agua la velocidad produce la energía dinámica, esta cantidad de energía depende no solamente de la velocidad sino del volumen de agua que se mueve (agua que se mueve según velocidad, diámetro del caño y largo de la masa de agua moviendose), que si se cierra su paso de golpe (como si cerráramos una válvula “esférica” rápidamente) genera una gran presión hidráulica del lado en que se cierra su paso y es capaz de destruir la instalación.

Por esta razón debemos de ser muy cuidadosos de poner válvulas esféricas en las instalaciones que circulan grandes masas de fluidos a altas velocidades, ya que si cerramos de golpe, podemos provocar un daño por sobre presión. Para protegernos de esto, es conveniente instalar las válvulas adecuadas, de cierre lento, o poner elementos de protección del golpe de ariete para que libere la energía en forma de limitar la presión o su amortiguación (desde poner válvulas de alivio o

balones con cámaras de amortiguación con aire o gases inertes).

**¿Para qué se usan los materiales refractarios en las calderas ?**

Los **materiales refractarios** tienen como su **principal función la de proteger de la llama directa** (muy alta temperatura) **al metal del hogar de las calderas**, además, **mantener una temperatura lo suficientemente elevada de la llama** que permite una mejor combustión (debido a temperatura y un calor acumulado en el refractario). No confundir los refractarios con los materiales aislantes, aquellos que se utilizan para evitar la transmisión de calor (que generalmente son porosos y livianos). Los materiales refractarios más comunes están compuestos por arcillas, con base de silicio o aluminio, que al cocinarlas en hornos o en el hogar a altas temperaturas, toman la propiedad de ser refractarios (no pierden su propiedad hasta muy altas temperaturas) tienen una gran densidad (peso por volumen). Generalmente los materiales refractarios vienen como piezas moldeadas (ladrillos, “cuchillas”, formas de hogar, etc.) o como un concreto refractario (que con agua se utiliza para moldear directamente en el interior del hogar, como si fuera un hormigón) y luego con la temperatura (antes debe ser secado lentamente) toman sus propiedades. También tenemos los “plásticos refractarios”, los que como una “masilla” se amoldan en los lugares que se utilizará (aunque no tienen adherencia, se amoldan golpeando con una maza, dando el “anclaje” al preparar la base donde se “incrustará”), tiene la gran ventaja que se puede “calentar” rápidamente (previo pequeñas perforaciones para que salga el vapor de agua de su interior).

A las piezas se les liga con cemento refractario, que con agua se hace una masa blanda y se pone lo suficiente para que apenas tape las imperfecciones de las piezas (las piezas deben encajar perfectamente con el mínimo de cemento). Los materiales refractarios deben ser colocados dejando adecuadas juntas de dilatación, ya que habrá grandes cambios en sus formas al ser calentados (temperaturas que podrán llegar a más de 1.000°C en algunas partes).

**Todos estos materiales deben ser pedidos de acuerdo a la zona de temperatura en que serán usados**, ya que el tenor de sílice y de alúmina, hará que varíe su capacidad de soportar las altas temperaturas.

Cuando el refractario es utilizado para proteger una zona de un fondo “seco” (es decir que no está enfriado por el agua de la caldera) , el calor que “traspasa” al refractario de alta densidad, lleva por lo general a continuación un material refractario aislante (liviano, poroso, que no deja pasar casi el calor), para bajar la temperatura antes del metal. Luego podrá ir antes de la chapa de metal, algún otro elemento aislante y que a su vez absorba los movimientos de la chapa y el refractario, que generalmente son “lanas minerales”, “cartones de amianto”, “mantas aislantes de fibra de vidrio”, etc..

En otros casos, en que la aislación es de menor temperatura y no está en contacto con el “fuego”, hay materiales como la “vermiculita”, que se le puede dar forma (usando un aglomerante como un jabón líquido a base de silicato).

Cuando se hagan trabajos con refractarios, se debe consultar los fabricantes de los mismos, o a un “fumista” experimentado, ya que el trabajo de “refractarista” no es el mismo que hace un albañil de construcción, aunque sus oficios se parezcan.

## **TABLAS, DATOS ÚTILES**

### **TABLA DE VAPOR SATURADO**

| presión<br>ATA | temperatura<br>C° | calor total<br>Kcal/Kg. | calor total<br>Kcal/Kg. | calor agua<br>Kcal/Kg. | calor vapor<br>m3/Kg. | volumen |
|----------------|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|---------|
| 0.05           | 32.55             | 611.3                   | 32.55                   | 578.9                  | 28.7300               |         |
| 0.20           | 59.67             | 623.1                   | 59.61                   | 563.5                  | 7.7930                |         |
| 0.50           | 80.86             | 631.6                   | 80.81                   | 550.8                  | 3.3010                |         |
| 1.00           | 99.09             | 638.5                   | 99.12                   | 539.4                  | 1.7250                |         |
| 2              | 119.62            | 645.8                   | 119.87                  | 525.9                  | 0.9016                |         |
| 3              | 132.88            | 650.3                   | 133.40                  | 516.9                  | 0.6166                |         |
| 4              | 142.92            | 653.4                   | 143.60                  | 509.8                  | 0.4706                |         |
| 5              | 151.11            | 655.8                   | 152.10                  | 503.7                  | 0.3816                |         |
| 6              | 158.08            | 657.8                   | 159.30                  | 498.5                  | 0.3213                |         |
| 7              | 164.17            | 659.4                   | 165.60                  | 493.8                  | 0.2778                |         |
| 8              | 169.61            | 660.8                   | 171.30                  | 489.5                  | 0.2448                |         |
| 9              | 174.53            | 662.0                   | 176.40                  | 485.6                  | 0.2189                |         |
| 10             | 179.04            | 663.0                   | 181.20                  | 481.8                  | 0.1981                |         |
| 11             | 183.20            | 663.9                   | 185.60                  | 478.3                  | 0.1808                |         |
| 15             | 197.36            | 666.6                   | 200.60                  | 466.0                  | 0.1343                |         |
| 20             | 211.38            | 668.5                   | 215.8                   | 452.7                  | 0.1016                |         |

Esta tabla esta dada para la presión absoluta en ATA (atmósferas técnicas absolutas, 1 AT: atmósfera técnica = 1 Kg/cm<sup>2</sup> ) para utilizarla a la presión relativa del manómetro debemos de sumarle la presión de la atmósfera, si la presión en el manómetro (relativa) está dada en Kg/cm<sup>2</sup> debemos sumarle 1,033 Kg/cm<sup>2</sup> y nos dará la presión en ATA, pero si la presión del manómetro esta dada en Bar (relativa), debemos a la presión del manómetro multiplicarla por 1,019 ( 1 Bar = 1,019 Kg/cm<sup>2</sup> o AT ) y al resultado sumarle 1,033 (1 atmósfera= 1,033 AT).

Ejemplo: presión caldera 7 Bar ...7x 1,019 =7,133 AT: atmósferas técnicas relativas  
7.133 + 1, 033=8,166 ATA ( atmósferas técnicas absolutas)  
Leer la tabla en 8 ATA (dará un valor aprox.)

Ejemplo: presión caldera 100 Libras/pulgadas cuadradas relativas.... como una  
1 AT (atmósfera técnica) =14,22 Lb/Pulg.2  
100/14,22=7,03 AT ..... 7,03 +1,033 = 8,063 ATA (atmósferas técnicas absolutas).  
En este caso se puede tomar como 8 ATA para buscar en la tabla.

**Cual será el calor por Kg. que nos proporcionará el vapor a esta presión (8 ATA) y su temperatura?**

Es igual a 489 Kcal . por Kg. y su temperatura 169°C, el condensado saldrá a 169°C si utilizamos un sistema de trampa de vapor que mantenga drenado los intercambiadores en forma total (trampa de flotador), significa que el condensado reevaporizará al bajar su presión a 1 atmósfera ( 1,033 Kg./cm<sup>2</sup> o ATA) y este calor será igual 171,3 - 100 = 71,3 Kcal /Kg de condensado, calor que se podrá aprovechar instalando un recuperador de "flash".

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

### Conversión de presiones

Las presiones de los manómetros son generalmente relativas, para hallar la presión absoluta, hay que sumar la correspondiente a la atmósfera dada para las mismas unidades en que se esta leyendo el manómetro. A nivel del mar tomamos:

Lectura en Kg/cm<sup>2</sup> relativa sumar 1,033 = Kg/cm<sup>2</sup> absolutos.

Lectura en Lb/pulg.2 relativa sumar 14.7 = Lb/pulg2 absolutas.

Lectura en Atmósferas técnicas relativas (AT) sumar 1,033 = ATA (atmósferas técnicas absolutas, recordar que 1 AT= 1 Kg/cm<sup>2</sup> ).

Lectura en Bar relativas sumar 1,013 = Bar absolutas.

### Conversión de presiones de distintas unidades.

Para convertir  multiplicar dará en

Kg/cm<sup>2</sup> .....x **14,22** =.....Lb/pulg.2

Lb /pulg.2..... x **0,07** =..... .Kg/cm2

A (atmósferas).....x **1,033** =.....Kg/cm2 ...AT (atmósferas técnicas)

Bar .....x **1,019** =.....Kg/cm2

## Temperaturas y sus conversiones

La temperatura puede estar dada en grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ) ó en grados Fahrenheit ( $^{\circ}\text{F}$ ), para hacer la conversión de unidades haga las siguientes operaciones

Grados  $^{\circ}\text{F}$  a grados  $^{\circ}\text{C}$  .....a los  $^{\circ}\text{F}$  réstele 32, a esta diferencia multiplíquela por 5 y al resultado divídalo por 9, el resultado serán grados  $^{\circ}\text{C}$ .

O sea lo que Ud. hizo es  $C^{\circ} = 5/9 \times (F^{\circ} - 32)$

Grados  $^{\circ}\text{C}$  a grados  $^{\circ}\text{F}$ ..... a los  $^{\circ}\text{C}$  multipliquemos por 9 y al resultado divídalo entre 5 , a este resultado súmele 32 y el resultado serán grados  $^{\circ}\text{F}$ .

O se lo que Ud. hizo es  $^{\circ}\text{F} = 9/5 \times ^{\circ}\text{C} + 32$

**Comentario:** el  $0^{\circ}\text{C}$  de los grados  $^{\circ}\text{C}$  corresponde a  $+32^{\circ}\text{F}$  y el  $0^{\circ}\text{F}$  grado de  $^{\circ}\text{F}$  corresponde a  $-17,7^{\circ}\text{C}$  ( menos  $-17,7^{\circ}\text{C}$  o sea por debajo del cero  $^{\circ}\text{C}$  o punto de fusión del hielo).

Medidas de temperaturas absolutas:

Grados Kelvin ..... °C + 273 = °K (temperatura absoluta en °C)

Grados Rankine.....  $^{\circ}\text{F} + 459,7 = ^{\circ}\text{R}$  (temperatura absoluta en  $^{\circ}\text{F}$ )

## Medidas

## Lineales

1 m. (metro) = 10 dm (decímetro)=100 cm (centímetro)=1000 mm.(milímetro)

1 yarda (yard)= 3 pié (feet)                      1 pié (feet)= 12 pulgadas (inch)

1 pulgada (inch) = 0,0254 m.(metros) = 25,4 mm.(milímetros)

1 Pie (feet) = 0,3048 m. (metros) = 30,48 cm (centímetros)

## Superficie

$$1 \text{ m}^2 (\text{metro cuadrado}) = 100 \text{ dm}^2 (\text{decímetro cuadrado}) = 10.000 \text{ cm}^2$$

Pulgada cuadrada (In2 , Square inch) = 6,4516 cm2 ( centímetros cuadrados)

Pie cuadrado( ft<sup>2</sup> , Square feet) = 929,03 cm<sup>2</sup> (centímetros cuadrados)

# Volumen

1 m<sup>3</sup> (metro cúbico)= 1000 dm<sup>3</sup> ( decímetro cúbico) = 1000 Ltr.(litro).

1 m<sup>3</sup>. = 1.000.000 cm<sup>3</sup> ( centímetro cúbico)

1 Pulgada cúbica (in<sup>3</sup>) = 16,3871 cm<sup>3</sup>

$$1 \text{ pie cúbico ( ft}^3 \text{ )} = 28,317 \text{ dm}^3$$

1 galón americano (U.S. gal)= 3,7854 Ltr. (litros)

1 galón imperial ( U.K. gal ) = 4,5461 Ltr. (litros)

1 barril de petróleo (bbl , U.S. barrels) = 158,987 Ltr.( litros)

1 pinta americana (U.S. pt) = 0,4732 Ltr. ( litros)

1 cuarto americano (U.S. qt) = 0,9464 Ltr. (litros)

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

### **Masa (peso)**

1 tonelada = 1.000 Kg ( kilogramos)=1000.000 grm (gramos)  
1 grano (grain) = 0,0648 g = 64,799 mg ( miligramos)  
1 libra (lb , pound) = 7000 grano = 0,453 Kg  
1 Kg. (kilogramo) = 2,205 Lb (libras, pound)  
1 onza (ounce) = 28,350 grm (gramos)  
1 Libra ( lb, pound)= 16 oz ( onzas) = 453,592 grm ( gramos)

### **Presión**

1 Kg/cm<sup>2</sup> = 0,98066 Bar =0,96784 Atmósfera =735,514 mm.mercurio  
= 10 m. agua = 98066 Pascal (S.I.) = 14,22 Lb/pulg.2  
1 Atmósfera normal =1,01325 Bar =760 mm.mercurio = 10,3323 m. agua  
= 101.325 Pascal (S.I.) = 14,7 Lb/pulg.2

### **Potencia**

1 Kw (kilovatio) = 1,341 H.P. (Horse power-caballo de fuerza)  
1 H.P.(caballo fuerza)= 0,7457 Kw (kilovatio)

### **Medidas de calor**

Los americanos e ingleses utilizan el BTU (British thermal unit) que equivale al calor necesario para subir 1 °F la temperatura de 1 Libra (Pound) de agua.

Nosotros usamos normalmente la Kcal ( Kilo-caloría ) que equivale al calor necesario para subir 1°C la temperatura de 1 Kg.(Kilogramo o litro) de agua.

Como el Kg.= 2, 2046 Libras ( Pounds) y °C=5/9x(°F-32), podemos establecer las siguientes conversiones.

1 BTU = 0,252 Kcal. y 1 Kcal = 3,968 BTU por lo que para convertir:

**BTU en Kcal.....BTU x 0,252 = .....Kcal.**

**Kcal en BTU.....Kcal x 3,968 =.....BTU.**

Comentario: También se están usando otras formas de expresión, unidades estas que están referidas a unidades de tiempo, que tienen su equivalencias con estas:

vatio/hora = 3,4129 BTU = 0,860 Kcal ó 1 Kw/h=860 Kcal.

1 vatio (watts)= 1 Joule ó 1 Kw/h = 3,6 M J (mega-Joule, siendo mega=1.000.000)

Por lo que 1 KJ (kilo-Joule)=1000 Joule=0,239 Kcal (kilo-caloría)

por consiguiente para convertir:

**KJ en Kcal.....KJ x 0,239 = .....Kcal.**

### **Calor necesarios para calentar 1°C a 1 Kg. de :** ( Cp=Kcal/Kg°C )

1 Kg. de agua (1 Ltr. a 4°C )..... 1 Kcal./Kg°C

1 Kg. hierro o acero ..... 0,11 Kcal./Kg°C

1 Kg. de cobre.....0,094 Kcal/Kg.°C

1 Kg. aluminio.....0,216 Kcal/Kg°C

1 Kg. F. Oil.....0,47 Kcal/Kg°C

Esto lo llamamos calor específico de cada sustancia ( Cp) a presión constante.

1 Kcal/Kg°C = 4,1868 KJ/Kg°C (kilo-Joule por Kg. por C°)

### **Medidas de transmisión del calor**

Como la transmisión del calor esta referida a una superficie determinada, en un tiempo determinado y la diferencia de temperatura esta establecida en °F ó °C., tendremos las siguientes equivalencias.

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

1 B.T.U./ pie<sup>2</sup>. h..<sup>º</sup>F ( 1 B.T.U. por pie cuadrado por hora por <sup>º</sup>F) = 4,88 Kcal/m<sup>2</sup>.h..<sup>º</sup>C (Kilocaloría por m<sup>2</sup> de superficie por hora y por <sup>º</sup>C)

1 Kcal/m<sup>2</sup>.h..<sup>º</sup>C ( 1 Kilocaloría por m<sup>2</sup> de superficie por hora y por <sup>º</sup>C) = 0,204816 B.T.U./pie<sup>2</sup> . h..<sup>º</sup>F ( B.T.U. por pie cuadrado por hora por <sup>º</sup>F)

1 Kcal/m<sup>2</sup> h <sup>º</sup>C = 1,163 Wh/m<sup>2</sup> <sup>º</sup>K (Wh=vatio-hora) (<sup>º</sup>K=grado Kelvin)

### **Medidas de conducción del calor**

La conducción de calor a través de un cuerpo esta referida a una determinada sección, a un determinado largo del pasaje de calor, a un tiempo determinado con un diferencial de temperatura establecido.

1 B.T.U./pie<sup>2</sup> . h..<sup>º</sup>F x pie ( 1 B.T.U. cada pie cuadrado , por hora por <sup>º</sup>F y por pie) = 1,488 Kcal/m<sup>2</sup>.h..<sup>º</sup>C x m (Kilocaloría cada m<sup>2</sup> de superficie , por hora, por <sup>º</sup>C y por metro)

1 Kcal/m<sup>2</sup>.h..<sup>º</sup>C x m ( 1Kilocaloría cada m<sup>2</sup> de superficie por hora, por <sup>º</sup>C y por metro) = 0,672 B.T.U./pie<sup>2</sup> . h..<sup>º</sup>F x pie ( B.T.U. cada pie cuadrado, por hora, por <sup>º</sup>F y por pie)

1 Kcal/ m h <sup>º</sup>C = 1,163 Wh/ m <sup>º</sup>K (Wh=vatio-hora)

### **Conducción del calor por los siguientes elementos:**

|                            |         |                          |
|----------------------------|---------|--------------------------|
| Acero.....                 | 40 a 50 | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Cobre.....                 | 320     | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Aluminio.....              | 180     | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Vidrio.....                | 0,18    | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Lana de vidrio.....        | 0,03    | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Lana de amianto.....       | 0,05    | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |
| Poliuretano expandido..... | 0,035   | Kcal/ m h <sup>º</sup> C |

Vemos que los materiales aislantes conducen menos el calor.

### **Conversiones química del agua.**

La dureza del agua, alcalinidad y otros valores (excepto PH) están referidos normalmente a partes por millón (ppm), esto significa una unidad de algo en un millón de unidades equivalentes (ejemplo, 1 gramo en un millón de gramos, como un metro cúbico de agua pesa aproximadamente un millón de gramos (depende de las sales que contenga y su temperatura), podríamos decir que 1 ppm es aproximadamente igual a 1 gramo por metro cúbico de agua o 1 milésima de gramo (1 miligramo) en 1 litro de agua que pesa aprox. 1 millón de milésimas de gramo (1 millón de miligramos) o sea que podríamos decir que aproximadamente 1 ppm es igual a 1 miligramo por litro (mg/Ltr.).

La otra base para la conversión es que para comparar las sustancias químicas se toma de base una sustancia química patrón, cuando nos referimos a ppm generalmente la sustancia a la cual nos referimos es al Carbonato de Calcio (CO<sub>3</sub>Ca), de lo contrario debemos expresar a que sustancia esta referida dicha media . En el caso de los cloruros se prefiere como referencia al ion cloruro (Cl-).

Veamos las equivalencias entre las diferentes formas de expresión.

Partiendo de la base que:

1 libra (pound)= 7.000 granos (grain) = 453,6 gramos

1 grano=0,0648 gramo

El galón U.S.(americano) =3,785 Ltrs., galón Imperial (británico)=4,545 Ltrs.. (El

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

galón imperial (británico) se puede expresar como U.K.gal.)

Podemos establecer aproximadamente (ya que mezclamos volúmenes y pesos)

1 Grano por galón U.S = 17,1 partes por millón (ppm).

1 Grano por galón Imperial= 14,2 partes por millón ( ppm)

1 ppm = 0,001 gramo/Ltr=0,0584 Granos/galón U.S.=0,07 Granos/galón Imp.

1 ppm = 0,1 Gº Francés = 0,056 G.º Alemán = 0,07 Gº Inglés (gr/U.K.gal )

Ejemplo : Dureza Total 80 ppm como CO<sub>3</sub>Ca (carbonato de calcio) ...Que el calcio y el magnesio presente en el agua expresado como CO<sub>3</sub>Ca equivale a 80 gramos por m<sup>3</sup>. aproximadamente.

### **Formas de expresión de la vaporización de una caldera:**

La presión de trabajo de una caldera con vapor saturado (sin sobrecalentador) define la características del vapor desde el punto de vista térmico, es decir, sabremos a que temperatura podremos intercambiar o "calentar" un material en un proceso térmico. Por ejemplo: si tenemos para hacer dulce de leche con vapor a 3 Kg/cm<sup>2</sup> sabremos que la temperatura será como máximo 142°C, esto será suficiente para hacer el dulce de leche y el riesgo de quemarlo será mínimo porque la temperatura no pasará de 142°C. Pero esto no define el tamaño de la caldera, el tamaño lo define la capacidad de vaporización.

La capacidad de vaporización se define como la cantidad vapor por hora en Kg. que produce la caldera a la presión de trabajo, siempre y cuando se defina la temperatura del agua de alimentación. Pero como hay variables en la presión y en la temperatura del agua alimentación, se suele definir la capacidad de vaporización de la caldera como aquella que indica la producción en Kg. por hora de vapor a 100°C con agua de alimentación a 100°C.

Luego hay otros parámetros que se pueden indicar, como:

Podríamos decir la capacidad de la caldera basados en su superficie de calefacción, pero este dato de nada sirve si no tenemos el valor de la vaporización por hora y por metro cuadrado de superficie de calefacción.

Podemos decir que la vaporización de una caldera es de 40 Kgs. /hora de vapor por m<sup>2</sup>. de superficie de calefacción, es decir que la capacidad de vapor en Kgs. de la caldera esta dada por el expresión de :

Kgs./h/m<sup>2</sup> x superficie calefacción = Kgs. de vapor hora (debemos decir que presión, temperaturas del vapor y del agua a utilizar , o los Kgs. de vapor "equivalente" o sea de 100°C a 100°C).

En las calderas antiguas este valor estaba en unos 15-20 Kgs./h/m<sup>2</sup>, estando actualmente en más de 50 -55 Kgs./h/.m<sup>2</sup>. en calderas humo-tubulares.

Los americanos (U.S.A.) expresan la capacidad de vaporización en "**caballo de vapor de caldera**" ( CV): 1 "caballo de vapor" equivale a 33.475 BTU/hora ó 8.502 Kcal/hora (unas 30 Lb. vapor a 70 lb/pulg.2 manométricas con agua de alimentación a 100°F , o sea , unos 13,6 Kg. de vapor a 4,9 Kg./cm<sup>2</sup> manométricos con agua de alimentación a 37,7°C).

No deben confundirse esta expresión promedio de Kgs/m<sup>2</sup> que se refieren a la superficie total de calefacción con aquellas referidas a los límites máximos admisibles en los hogares que también se refieren a superficies.

**En las calderas de calefacción la capacidad térmica de la caldera se da también en "caballo de vapor de caldera", CV, pero hay otras expresiones más comprensibles, como ser :**

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

Se puede expresar en **Kcal/hora ó en BTU/hora**, pero también se puede expresar en otros como los Kwh (kilo-vatios por hora), así como en algunos casos en **MJ** (mega-joule). Ver tablas.

Debe quedar claro que estos valores se refieren al calor capaz de transmitir la caldera, lo cual significa que la potencia del quemador será mayor, dado que debemos de restar las pérdidas de chimenea y las de la caldera como equipo térmico (pérdidas por la aislación o partes no aisladas).

### **Definición de términos referidos a las calderas y su combustión.**

**Poder calorífico superior** (P.C.S.), es el calor máximo que se obtiene de un Kg. de combustible (se considera que el agua que trae el combustible y el agua que se produce de la combustión del hidrógeno, se contabilizará su calor de condensación (o evaporación), y todos los gases y vapores estarán a 0°C).

**Poder calorífico inferior** (P.C.I.), es el calor máximo que se obtiene de un Kg. de combustible al cual se le “descuenta” el calor de vaporización del agua que trae el combustible y el agua que se produce por la combustión del hidrógeno, pero todos los gases resultados de la combustión llevados a 0°C.

Es decir que la diferencia entre el **P.C.S.** y **P.C.I.** es el calor correspondiente a la vaporización del agua (la de combustión y la que trae el combustible como humedad o agua). Es decir **P.C.S. - P.C.I. = AGUA TOTAL X 600 KCal/Kg.**

(600 son la Kcal, necesarias para vaporizar un Kg. de agua).

### **Poderes caloríficos de los combustibles más comunes (aprox.)**

| <b>Combustible</b>   | <b>P.C.S. KCal/Kg</b> | <b>P.C.I. KCal/Kg.</b> | <b>CO2 máx.</b> |
|----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------|
| F.Oíl Pesado (Nº6) . | 10.300 (10.100).....  | 9.700 (9.600).....     | 16%-16,8%       |
| F.Oíl Calefacción... | 10.500 (10.200).....  | 9.800 (9.700)..        | 15,5%-16,5%     |
| Gas Oíl .....        | 11.400 (11.200).....  | 10.700 (10.500).....   | 15%-16%         |
| Gas Natural.....     | 13.700 (13.500).....  | 12.300 (12.500).....   | 11,5%-12,5%     |
| Leña (25% H.b.h.).   | 3.500 (3.400).....    | 3100 (3.000).....      | 19%-20%         |

Los valores son relativos, ya que la composición real se debería medir en cada caso, cosa que no siempre es posible.

**Eficiencias al P.C.S.** , esta eficiencia está referida a considerar todo el calor que produce el combustible, da una idea del rendimiento de la caldera y la calidad del combustible . (La usan los norteamericanos).

**Eficiencias al P.C.I.**, esta eficiencia está referida a considerar solo el calor disponible para transferencia, ya que supone que el agua saldrá por los gases de chimenea en forma de vapor, lo que da una idea del rendimiento de la caldera en sí, dejando de lado la calidad del combustible, especialmente la humedad y el contenido de hidrógeno.

**Eficiencia de combustión y transferencia referida al P.C.S. ó al P.C.I. :** esta eficiencia es la que mide el rendimiento de la caldera no tomando en consideración las pérdidas de la caldera como equipo térmico (radiación, convección, conducción, purgas o pérdidas de agua y vapor). Su valor está indicando la calidad de combustión (gases no quemados, exceso de aire) y su capacidad de transferencia y las condiciones en que se encuentra la misma (temperatura de gases, cuanto más alta, menor transferencia : diseño , hollín e incrustaciones que aíslan, o elementos directores de gases en mal estado (refractarios, baffles, etc.), que están en “corto-circuito” dejando pasar los gases.

**TABLA PARA EL CALCULO DE LA EFICIENCIA A LA COMBUSTION  
Y TRANSFERENCIA EN UNA CALDERA CON GAS NATURAL**

| EFICIENCIA | COMBUSTION = |        |        |        | GasNatural Kcal/kg. |        |        |        | 11500  |        |        |        | Carlos W. Thomasset 1998 |        |        |        |
|------------|--------------|--------|--------|--------|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------------|--------|--------|--------|
|            | P.C.I.       | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I.              | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I.                   | P.C.I. | P.C.I. | P.C.I. |
|            | 140 °C       | 160 °C | 180 °C | 200 °C | 220 °C              | 240 °C | 260 °C | 280 °C | 300 °C | 320 °C |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=11,5%  | 94,3%        | 93,5%  | 92,6%  | 91,8%  | 90,9%               | 90,1%  | 89,2%  | 88,4%  | 87,5%  | 86,6%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=11,0%  | 94,1%        | 93,2%  | 92,4%  | 91,5%  | 90,6%               | 89,7%  | 88,9%  | 88,0%  | 87,1%  | 86,2%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=10,5%  | 93,9%        | 93,0%  | 92,1%  | 91,2%  | 90,3%               | 89,4%  | 88,4%  | 87,5%  | 86,6%  | 85,6%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=10,0%  | 93,6%        | 92,7%  | 91,8%  | 90,8%  | 89,9%               | 88,9%  | 88,0%  | 87,0%  | 86,0%  | 85,1%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=9,5%   | 93,4%        | 92,4%  | 91,4%  | 90,4%  | 89,4%               | 88,5%  | 87,5%  | 86,5%  | 85,5%  | 84,4%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=9,0%   | 93,1%        | 92,0%  | 91,0%  | 90,0%  | 89,0%               | 87,9%  | 86,9%  | 85,8%  | 84,8%  | 83,7%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=8,5%   | 92,7%        | 91,6%  | 90,6%  | 89,5%  | 88,4%               | 87,3%  | 86,3%  | 85,2%  | 84,1%  | 83,0%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=8,0%   | 92,3%        | 91,2%  | 90,1%  | 89,0%  | 87,8%               | 86,7%  | 85,5%  | 84,4%  | 83,2%  | 82,1%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=7,5%   | 91,9%        | 90,7%  | 89,5%  | 88,3%  | 87,1%               | 85,9%  | 84,7%  | 83,5%  | 82,3%  | 81,1%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=7,0%   | 91,4%        | 90,2%  | 88,9%  | 87,6%  | 86,4%               | 85,1%  | 83,8%  | 82,5%  | 81,2%  | 79,9%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=6,5%   | 90,8%        | 89,5%  | 88,2%  | 86,8%  | 85,5%               | 84,1%  | 82,7%  | 81,4%  | 80,0%  | 78,6%  |        |        |                          |        |        |        |
| CO2=6,0%   | 90,2%        | 88,7%  | 87,3%  | 85,9%  | 84,4%               | 83,0%  | 81,5%  | 80,0%  | 78,5%  | 77,1%  |        |        |                          |        |        |        |

Mida el CO2 y la temperatura de chimenea de los gases de la caldera. Entre en la columna izquierda con el valor del CO2 y en la fila superior entre con la temperatura de chimenea en C° menos la temperatura ambiente, la unión de la mida del CO2 y de la temperatura diferencia da el % de Eficiencia correspondiente indicado como un % referido al Poder Calorífico Inferior del Gas Natural.

La Eficiencia baja al haber más exceso de aire (menor CO2) y a mayor temperatura de chimenea.  
La temperatura de chimenea aumenta debido a : superficies de intercambio sucias, tabiques de pases con pérdidas, exceso de combustión (quemador sobre-dimensionado).

**Eficiencia Total referida al P.C.S. y P.C.I. :** esta eficiencia es la que mide el rendimiento total o global de la caldera, considera todas la pérdidas (las relativas a la combustión, a la transferencia y a las pérdidas de la caldera como equipo térmico).

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

### **Temperatura aconsejables para los distintos tipos de atomización :**

|                            |                                           |
|----------------------------|-------------------------------------------|
| Atomización mecánica.....  | aprox. 135° a 145°C en F.Oíl Pesado.      |
|                            | aprox. 115° a 125°C en F.Oíl Calefacción. |
| Atomización a vapor .....  | aprox. 95° a 110°C en F.Oíl Pesado.       |
|                            | aprox. 75° a 90°C en F.Oíl Calefacción.   |
| Atomización con aire ..... | aprox. 110° a 125°C en F.Oíl Pesado.      |
|                            | aprox. 90° a 115°C en F.Oíl Calefacción.  |
| Atomización por copa ..... | aprox. 90° a 100°C en F.Oíl Pesado.       |
|                            | aprox. 60° a 70°C en F.Oíl Calefacción.   |

Estos valores varían de acuerdo a las condiciones locales del quemador (tipo de quemador, hogar, operación, etc.).

### **Valores de viscosidad (aprox.) atomización según tipo de quemador:**

**300-150 S.S.U.** (segundos Seybolt Universal) quemadores grandes de atomización a vapor.

**100-150 S.S.U.** quemadores pequeños de atomización a vapor o aire, copas rotativas.

**100-70 S.S.U.** quemadores grandes de atomización mecánica.

**70-36 S.S.U.** quemadores medianos y pequeños de atomización mecánica por toberas (preferiblemente H.O-Heavy Oíl). Con toberas comunes se trabaja a muy alta temperatura el F.Oíl y generalmente hay mala atomización.

**Hasta 36 S.S.U.** Atomización mecánica con toberas comunes (F.Oíl calefacción, Diesel Oíl y Gas Oíl).

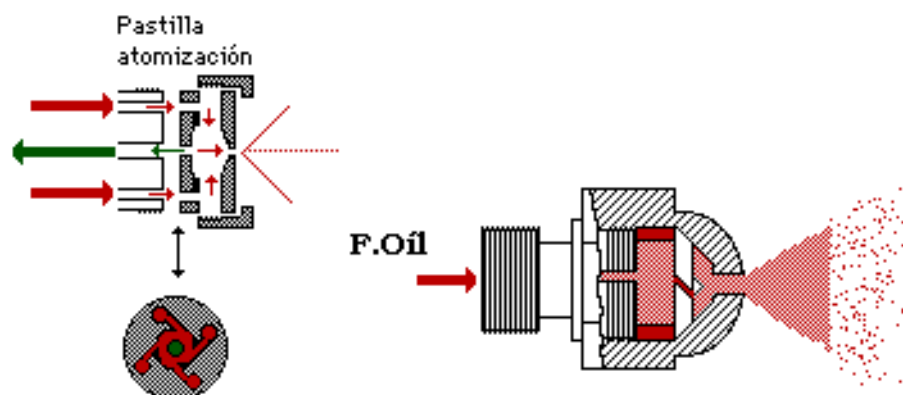
### **Toberas o pastillas de atomización** (en atomización mecánica).

Generalmente se expresan sus características de la siguiente forma:

**Capacidad.....** en las toberas comunes (quemadores de atomización mecánica) se expresa en U.S.G. (Ejemplo: 10 U.S.G.), esto significa la capacidad horaria en Galones americanos (3,78 litros por galón), pero con una presión de 100 libras/pulgadas cuadradas (7 kg/cm<sup>2</sup>) con F.Oíl N°2 a 60°F (equivale a Gas Oíl a 15,5°C). Esta capacidad varía luego de acuerdo a la presión del combustible, la temperatura y el tipo de combustible en el quemador. A lo contrario de lo que se piensa, en los combustible más viscosos, a pesar que el sentido común parece indicar que pasaría con más dificultad (por Kg.), la misma tobera con la misma presión pasa más F.Oíl pesado (Kg/h) que F.Oíl calefacción, Diesel Oíl ó Gas-Oíl (Kg/h). En otros quemadores, las toberas (pastillas) y sus cámaras de atomización (turbulencia) son indicadas por un N° y letras, que cada fabricante indica sus especificaciones.

Las capacidades de las toberas de atomización varían en relación de la raíz cuadrada de las presiones : sí a la presión P1 el quemador tiene un caudal de V1 U.S.G., a la presión P2 será  $V2 = V1 \times \text{Raíz cuadrada de } P2/P1$ .

**Tipo de tobera según combustible:** hay toberas especiales para combustibles pesados, tienen grabados las letras H.O. (Heavy Oíl = aceite pesado) y un numero, que indica la presión más adecuada para el trabajo de dicha tobera, las toberas comunes no traen dicho numero de presión. Ejemplo H.O. 430 (es una tobera para F.Oíl que debe de operar a 430 libras/pulgada cuadrada o sea 30 Kg/cm<sup>2</sup>). Los valores normales son H.O. 200 y 430. Esta toberas están hechas con materiales más "duros" para trabajar con combustibles con más "impurezas". Estas toberas están probadas a la presión marcada (200,430 etc.) con un combustible "pesado" a 66-77 S.S.U. de viscosidad, con una gravedad A.P.I. DE 34-36 a 60°F (15,5°C). Se prueban para ver su caudal a la presión de trabajo indicada en tablas, aunque el caudal impreso en U.S.G. --- es el nominal probado a 100 libras por pulgada cuadrada (7 Kg/cm<sup>2</sup>), con viscosidad 34-36 S.S.U. y gravedad A.P.I. entre 32-38 a 60°F (15,5°C), correspondiente a un F.Oíl N°2 (Gas Oíl).

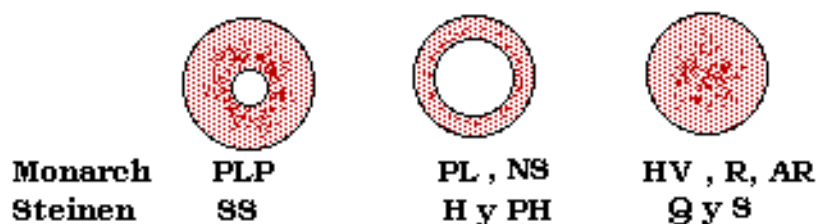


**Pastilla y cámara de turbulencia Tobera de quemador más común.**

**Forma del cono de pulverización:** las toberas están ejecutadas para que la forma del cono de atomización sea adecuada al tipo de hogar en que serán utilizados, estas formas podrán ser un simple cono, un cono con más intensidad de combustible en el centro, o un cono con la parte central hueca, otro será en forma de anillo, etc. Sus forma está indicada por letras que cada fabricante adopta según su oferta : por ejemplo : R (cono cargado al centro), NS (cono hueco al centro), AR (cono un poco menos cargado al centro), S (cono muy cargado al centro) H (un anillo parejo), PH (un anillo fino), SS (un anillo grueso), Q (un cono parejo) , etc. todos relacionados al código del fabricante.

El ángulo de atomización es el que forma el cono, un combustible cuanto más pesado, generalmente más ángulo de atomización requiere.

Cuando se pide la tobera se indica : La marca (Steinen , Monarch, etc.), la capacidad en U.S.G. (numero), el tipo de cono de atomización (R u otro) y el ángulo de atomización (las más comunes 45°, 60°, 90°, etc.) y si es H.O. (Heavy Oil, o sea para combustible pesado) más la presión de trabajo.



**FORMA DEL CONO DE ATOMIZACIÓN SEGÚN DENOMINACIONES**

**Presiones de trabajo en quemadores más comunes (con toberas mecánicas)**

Con F.Oil pesado la presión de trabajo en el puntero o tobera deberá ser alta, ya que cuanto más alta la presión en general un combustible pesado atomiza mejor . Si

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

la tobera no especifica una presión de trabajo, la presión normal podrá ser entre 22 kg/cm<sup>2</sup> y 30 Kg/cm<sup>2</sup>, bajando un poco para el F.Oil calefacción.

Con Diesel Oil y con Gas Oil las presiones tienden a ser más bajas, de 7 a 15 Kg/cm<sup>2</sup> en general es suficiente. Cuidado con elevar demasiado la presión, el caudal de combustible aumenta y podemos pasarnos de "fuego".

En quemadores con atomización a vapor o con aire comprimido, la presión del combustible en el puntero es generalmente más baja, podrá ser un máximo de 15 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo normal que ésta varíe entre unos 4 Kg/cm<sup>2</sup> y 12 Kg/cm<sup>2</sup>.

La presión del vapor de atomización depende del tipo de tobera, en algunos es un poco mayor a la presión del combustible y en otros es fija a un de "barrido" que podrá ser por ejemplo : entre 2,5 Kg/cm<sup>2</sup> y 3,5 Kg/cm<sup>2</sup> (no olvidar que éste vapor debe ser saturado seco).

Una forma de saber si estamos pasados de fuego es medir la temperatura de chimenea, si los gases están más calientes que lo indicado por el fabricante o por el tipo de caldera, estamos pasado de fuego (salvo que la caldera esté sucia de hollín o incrustada, ó un tabique de gases "perforado" en "corto-circuito").

## **HIDRAULICA**

### **Pérdidas de carga en las tuberías (agua a temperatura ambiente)**

Pérdidas de carga en metros de agua para 100 metros de tubería retilínea no incrustada

| <u>Caudal lit./min</u> | <u>8</u>   | <u>16</u> | <u>33</u> | <u>50</u> | <u>66</u> | <u>83</u> | <u>100</u> | <u>116</u> | <u>133</u> |
|------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| <u>Caudal en m3/h</u>  | <u>0,5</u> | <u>1</u>  | <u>2</u>  | <u>3</u>  | <u>4</u>  | <u>5</u>  | <u>6</u>   | <u>7</u>   | <u>8</u>   |
| Diámetros              |            |           |           |           |           |           |            |            |            |
| 1/2" 13 mm             | 9          | 36        | 143       | -         | -         | -         | -          | -          |            |
| 3/4" 19 "              | 2,80       | 11,5      | 39        | -         | -         | -         | -          | -          |            |
| 1" 25 "                | 0,55       | 2,18      | 8,30      | 17,6      | 29,5      | 44,5      | 64         | 87         | 114        |
| 1 1/4" 32 "            | 0,16       | 0,63      | 2,40      | 5,10      | 8,55      | 12,9      | 18,3       | 23,8       | 29,8       |
| 1 1/2" 38 "            | -          | 0,27      | 1         | 2,15      | 3,60      | 5,40      | 7,70       | 10         | 12,5       |
| 2" 50 "                | -          | -         | 0,22      | 0,49      | 1,19      | 1,76      | 2,52       | 3,40       | 4,27       |

| <u>Caudal en m3/h</u> | <u>10</u> | <u>20</u> | <u>30</u> | <u>40</u> | <u>50</u> | <u>60</u> | <u>70</u> | <u>80</u> | <u>90</u> |
|-----------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Diámetros             |           |           |           |           |           |           |           |           |           |
| 2" 50 mm              | 6,30      | 22,3      | 50        | -         | -         | -         | -         | -         | -         |
| 2 1/2" 70 "           | 1,23      | 4,42      | 9,50      | 16,1      | 24,6      | 34,4      | 45,3      | -         | -         |
| 3" 80 "               | 0,65      | 2,30      | 4,93      | 8,45      | 12,9      | 18        | 23,7      | 30,3      | 38,4      |
| 4" 100 "              | -         | 0,75      | 1,62      | 2,75      | 4,20      | 6,95      | 7,90      | 10,1      | 12,8      |

| <u>Caudal en m3/h</u> |       | <u>50</u> | <u>100</u> | <u>150</u> | <u>200</u> | <u>250</u> | <u>300</u> | <u>350</u> | <u>400</u> |    |
|-----------------------|-------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|----|
| Diámetros             |       |           |            |            |            |            |            |            |            |    |
| 6"                    | 150mm | 0,57      | 2,05       | 4,35       | 7,48       | 11,4       | 16,4       | 22,4       | 29,2       | 37 |

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

### **Pérdidas de carga en los accesorios**

espresadas en metros de cañería del mismo diámetro

| <u>Diámetros en pulgadas</u> | <u>1 1/2"</u> | <u>2"</u> | <u>2 1/2"</u> | <u>3"</u> | <u>4"</u> | <u>5"</u> | <u>6"</u> |
|------------------------------|---------------|-----------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Válv. globo                  | 13,1          | 16,8      | 21,0          | 25,6      | 36,6      | 42,7      | 51,8      |
| Válv.completa abierta***     | 0,15          | 0,20      | 0,30          | 0,35      | 0,45      | 0,60      | 0,80      |
| Válvula de pie               | 4             | 5         | 8             | 9         | 12        | 16        | 20        |
| Filtro de aspiración         | 0,35          | 0,45      | 0,70          | 0,80      | 1         | 1,30      | 1,60      |
| Codo a 90º (fig.1)           | 1,50          | 2         | 3             | 3,50      | 4,50      | 6         | 7,60      |
| Codo a 60º (fig.2)           | 0,75          | 1         | 1,5           | 1,75      | 2,25      | 3         | 4         |
| Codo a 45º (fig.2)           | 0,50          | 0,75      | 1             | 1,25      | 1,50      | 2         | 2,50      |
| Unión en T (fig.3)           | 0,30          | 0,40      | 0,60          | 0,80      | 1         | 1,30      | 1,60      |
| Unión en T (fig.4)           | 1,50          | 2         | 3             | 3,50      | 4,50      | 6         | 7,50      |
| Unión en T (fig.5)           | 2             | 2,50      | 3,50          | 4,50      | 5,50      | 7         | 9         |

\*\*\* válvula esclusa o esférica de pase total

Cañerías en ángulos vivos :

|                       |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| a) aspiración (fig.6) | 1    | 1,50 | 2,25 | 2,50 | 3,50 | 4,50 | 5,75 |
| b) impulso (fig.7)    | 1,25 | 1,75 | 2,50 | 3    | 4    | 5    | 6,50 |

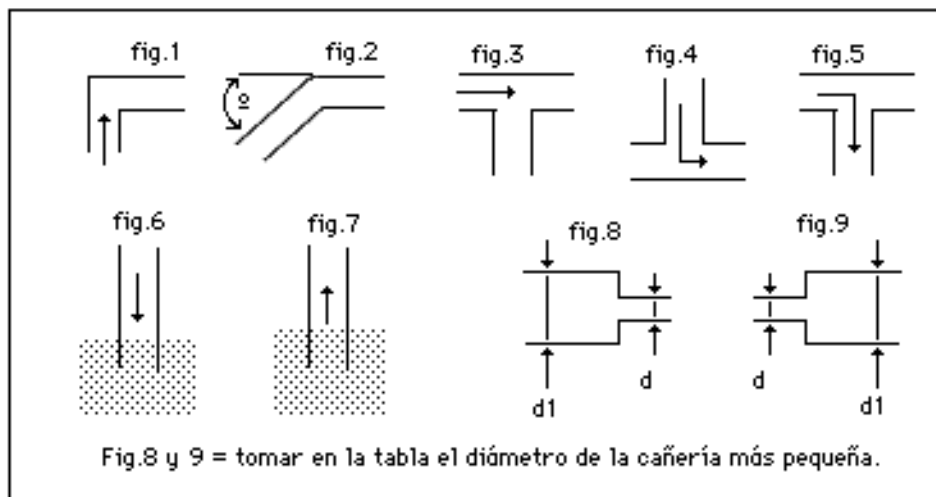
Dimensión brusca de diámetro (fig.8)

|             |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| a) d=0,4 d1 | 0,50 | 0,76 | 1    | 1,25 | 1,50 | 2    | 2,50 |
| b) d=0,6 d1 | 0,40 | 0,50 | 0,76 | 1    | 1,25 | 1,50 | 2    |
| c) d=p.8 d1 | 0,20 | 0,25 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,75 | 1    |

Aumento brusco de diámetro (fig.8)

|             |      |      |      |      |      |      |      |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|
| a) d=0,4 d1 | 1    | 1,25 | 1,75 | 2    | 2,75 | 3,50 | 4,50 |
| b) d=0,6 d1 | 0,50 | 0,75 | 1    | 1,25 | 1,50 | 2    | 2,50 |
| c) d=0,8 d1 | 0,20 | 0,25 | 0,40 | 0,50 | 0,60 | 0,75 | 1    |

**Figuras correspondientes a la tabla anterior de accesorios**



Las tablas anteriores nos permiten calcular aproximadamente la pérdida de carga de una cañería y sus accesorios, por ejemplo : para ello mida los metros de cañería y sumele los metros equivalentes a cada accesorio (según el diámetro de la cañería y los distintos accesorios con sus forma en particular y las válvulas consideradas totalmente abiertas), con este metraje "equivalente" y entrando a las tablas de caudales (litros por minuto o metros cúbicos por hora) y la medida del diámetro nominal de la cañería, estas tablas dan las pérdidas en metros de columna de agua (cada 10 m.c.a. equivalen a 1kg/cm<sup>2</sup>) podemos sacar la pérdida de carga en 100

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

metros de cañería a dicho caudal, lo cual la dividimos por 100 y tendremos la pérdida por metro, a este valor lo multiplicamos por los metros “equivalentes” calculados y el resultado nos dará aproximadamente la pérdida de presión en metros de columna de agua (m.c.a.), para una cañería limpia (si la misma estuviera incrustada se debe de considerar un aumento de la pérdida de carga de un valor superior cuanto mayor sea la incrustación).

Obsérvese la gran pérdida de carga de las válvulas de globo (las válvulas de globo son las que cierran como un “pistón” o “plato” sobre un asiento), también en las pérdidas provocadas por succión o descargas con la cañería (fig. 8 y 9) y los los codos a 90°. Por lo cuanto se diseñe un sistema de cañerías, especialmente a la succión de las bombas se deben de tener muy en cuenta la instalación de accesorios adecuados, ya que una mala succión hará cavitación o perder succión de la bomba.

### **Potencia absorbida por una bomba:**

$$P = (H \times Q \times p) / (270 \times n) \text{ en CV } \text{ ó } = (H \times Q \times p) / (368 \times n) \text{ en Kw}$$

H= altura manométrica en metros (m.c.a.)

Q= caudal en metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h)

p= peso específico del líquido en Kg/dm<sup>3</sup>

n=rendimiento efectivo de la bomba

Recordar que cuando la bombas succionan agua más caliente de lo normal (entre 5°C y 20°C, cuya aspiración práctica es entre 7 y 8 m), debido a la presión de vapor del agua, se debe descontar de la altura de la capacidad de aspiración de la bomba los siguientes :

|                      |     |     |      |     |     |     |     |
|----------------------|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| Temperatura (Cº)     | 30  | 40  | 50   | 60  | 70  | 80  | 90  |
| Deducir ( en metros) | 0,4 | 0,7 | 0,12 | 1,9 | 3,1 | 4,7 | 7,1 |

Cuando el agua es para alimentación de calderas y está más de 60°C conviene que el tanque esté por encima de la bomba, cuanto más caliente más próximo a los 5 m.

## INDICE GENERAL

### **Primera parte :**

Temas sobre los circuitos de calefacción.

### **Segunda parte:**

Temas específicos sobre la combustión y los quemadores. Pg. 28

### **Tercera parte:**

Temas basados en preguntas y respuestas. Pg. 102

### **Cuarta parte : TABLAS, DATOS ÚTILES Pg.117**

Tablas y datos útiles para el operador de calderas de calefacción, con valores aproximados a la escala real, página 117 al final.

*Este “ Pequeño Manual del Operador de calderas de Calefacción “ no pretende ser un libro para diseñar o construir sistemas de calefacción, ni la panacea de las soluciones a los problemas que encontraremos en la práctica del manejo de las calderas y sistemas de calefacción, es simplemente tratar de ayudar a aquellos que operan los sistemas y dar una idea respecto a la razón de porqué ocurren las cosas, tratando de darles una explicación simple, con palabras comunes que todos conocemos, volcando nuestra experiencia de los sistemas industriales en los que hemos trabajado por largos años.*

C.W.T.

-----0000000000-----

Mayo de 1998

## Pequeño Manual del Operador de Calderas de Calefacción

*Agradezco a todas aquellas personas que integraron e integran el grupo de profesionales dedicados a la seguridad, que desde el BANCO DE SEGUROS DEL ESTADO, me permitieron compartir momentos muy gratos tratando de transmitir nuestra experiencia vivida con las calderas y equipos de presión.*

*¡A todos Gracias !*

*Carlos W. Thomasset*

Permitida la reproducción con fines didácticos siempre que se indique el origen del mismo.

**Carlos W. Thomasset**